

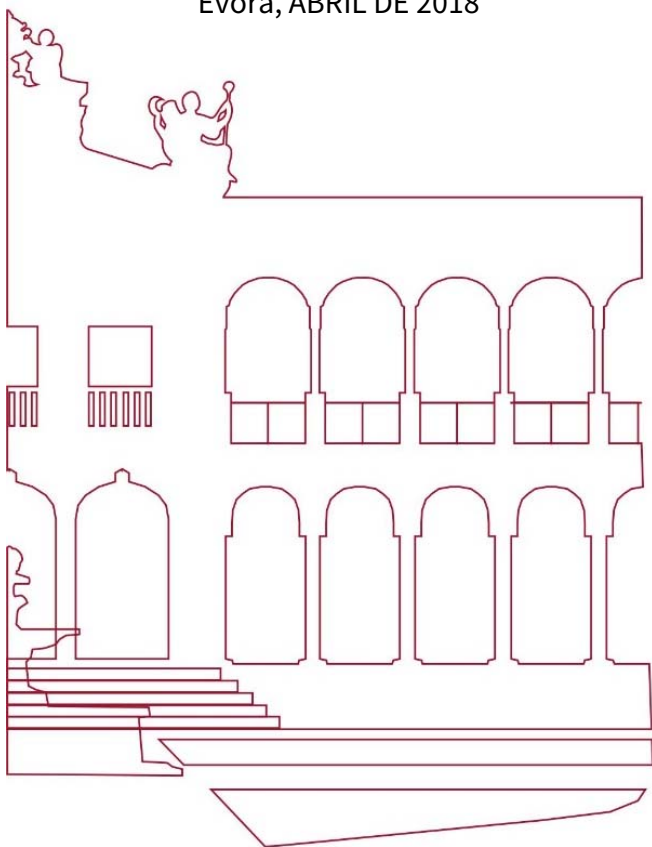
INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE POMARES CÍTRICOS EM SOLO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO DO ESTADO DA BAHIA, BRASIL

Edvanda Silva Rocha Reis

ORIENTADORES: *Professor Dr. Gottlieb Basch*
Professor Dr. Joelito de Oliveira Rezende
Professor Dr. Luciano da Silva Souza

Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências Agrárias e Ambientais

Évora, ABRIL DE 2018



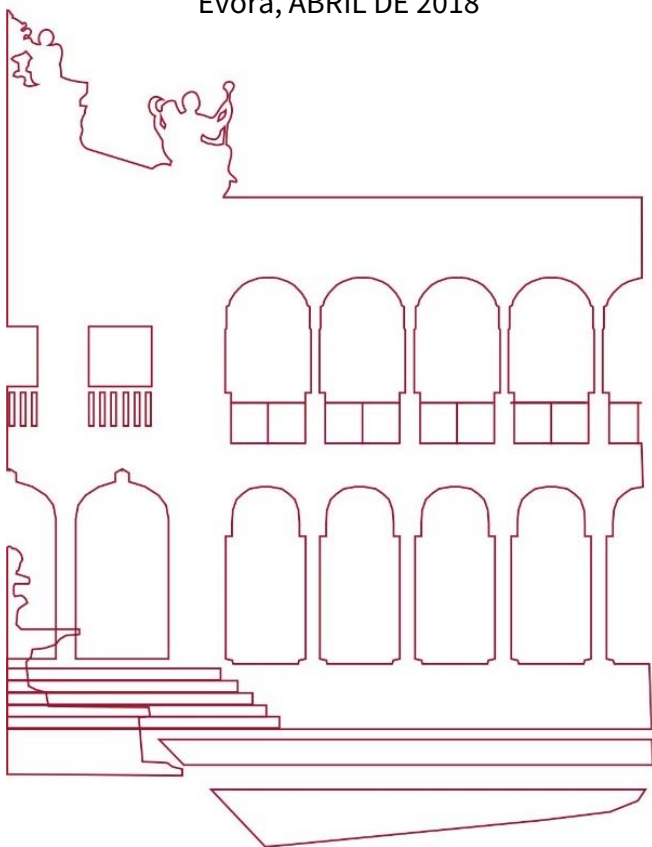
INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE POMARES CÍTRICOS EM SOLO COESO DE TABULEIRO COSTEIRO DO ESTADO DA BAHIA, BRASIL

Edvanda Silva Rocha Reis

ORIENTADORES: *Professor Dr. Gottlieb Basch*
Professor Dr. Joelito de Oliveira Rezende
Professor Dr. Luciano da Silva Souza

Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências Agrárias e Ambientais

Évora, ABRIL DE 2018



DEDICO

À minha filha Bárbara Maria e a meu esposo José Marcone, que acreditaram, estudamos e pesquisamos juntos, e me abraçaram incondicionalmente até mesmo nas minhas ausências e nos muitos momentos, durante toda a caminhada do doutoramento.

Aos meus país Sr. Marculino e Sr^a. Almerinda (in memoriam), meus alicerces – primeiros incentivadores.

OFEREÇO

Aos meus irmãos Maria (in memoriam), Arlinete, Arlidete, Nerivaldo, Nelito e Meg; e aos meus sobrinhos pela confiança, entusiasmo e amor.

Aos Produtores Rurais que acreditam na pesquisa e potencializam suas propriedades.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela existência do mundo, do amor, da sabedoria... da Ciência que cultiva a vida em todo o universo.

Aos meus Orientadores Professores, Dr. Gottlieb Basch, Dr. Joelito de Oliveira Rezende e Dr. Luciano da Silva Souza, pela excelência de orientação, confiança, profissionalismo e ética; pelos ensinamentos e exemplos; pela capacidade de reunir pessoas e instituições na difusão do conhecimento; por acreditar e confiar em mim, e sobretudo pelos seus conselhos, amizade sincera e paciência, em todas as etapas do doutoramento. Muito Obrigado.

À Universidade de Évora, pela possibilidade de realizar o Curso de Doutoramento em Ciências Agrárias em parceria com a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pelo sempre pronto apoio necessário na realização da pesquisa a campo e nas análises laboratoriais.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, *campus* Senhor do Bonfim, pelo sempre pronto apoio logístico e disponibilidade de estrutura física para realização de processamento de amostras de solo e análises necessárias no andamento da pesquisa.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura e à Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A. (EBDA), pelo espírito de parceria.

Aos Professores Dr. Fernando Paulo Marques, Dra. Cristina Pinheiro, Dr. Antônio Manuel Murilhas, Dra. Ana Cristina Agulheiro Santos, Dr. Mário de Carvalho, Dra. Ana Elisa Barroso, Dr. Luís Fernandes, pela amizade, acolhida e ensinamentos na Universidade de Évora.

Aos amigos Fátima Alexandrino, Paula Tavares, Ana Marta Fialho, Generosa Pinto, Filipa Santos, Manuel Figo, Francisca Figo, Victor Tavares, pela amizade, acolhida e convívio na Universidade de Évora.

Ao Senhor Mário Braz da Silva Neto, Sra. Mércia Elaine Braz da Silva e Sr. Marcílio Braz da Silva, proprietários da Fazenda Poço da Pedra, pelo espírito de parceria e disponibilidade da propriedade para a concretização desta pesquisa.

Ao Pesquisador, Engenheiro Agrônomo, Dr. José Leoni Santos, pela amizade e pronta disponibilidade para coorientar e acompanhar atividades de campo, estabelecendo sempre um ambiente de trabalho/pesquisa harmonioso na Fazenda Poço da Pedra.

Aos amigos Pesquisador, Engenheiro Agrônomo, Dr. Roberto Toyohiro Shibata e família, proprietários da Fazenda Lagoa do Coco, pela amizade, inestimável apoio e disponibilidade de equipamentos de campo.

Ao amigo Jeniel Mendes Muricy, pelas sugestões práticas de campo, inestimável apoio e grande colaborador na coleta de dados a campo na Fazenda Poço da Pedra.

À Engenheira Agrônoma e amiga Cristiane Duarte e ao Técnico em Agropecuária Clovis Costa, pelo apoio na coleta de dados a campo na Fazenda Poço da Pedra.

Ao Sr. Arivaldo Conceição, pela amizade e pronta disponibilidade de apoio no processamento das muitas análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo Baiano.

Aos Engenheiros Agrônomos Rivani Ferreira, Ricardo Santos e Karla Almeida pela colaboração nas análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

ESCLARECIMENTO 1

Este trabalho é fruto de um acordo de cooperação técnica firmado entre a Universidade de Évora (UE), por intermédio do Professor Gottlieb Basch¹, e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil (UFRB), por intermédio dos Professores Joelito de Oliveira Rezende² e Luciano da Silva Souza³.



⁽¹⁾ **Gottlieb Basch**, Licenciatura em Engenharia Agrônômica (1983) e Doutorado em Ciências Agrárias (1988) pela Universidade Georg-August de Göttingen, Alemanha. Professor Associado da Universidade de Évora, vinculado ao Departamento de Fitotecnia e ao Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrâneas. Diretor do Programa de Doutorado em Ciências Agrárias e Ambientais. Domínio/especialização em sistemas de manejo do solo e rotação de culturas, sistemas de uso da terra. Dedicado especialmente às seguintes áreas de conhecimento: Plantio direto/conservação sistemas de agricultura, sequestro de carbono, sustentabilidade dos sistemas agrícolas, agricultura e sistemas de uso da terra, sustentabilidade e impacto ambiental da agricultura, culturas alternativas e não alimentares, agricultura tropical.

⁽²⁾ **Joelito de Oliveira Rezende**, Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Bahia (1968). Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo/ESALQ (1979); Professor Visitante, Adjunto e Titular da Universidade Federal da Bahia/Escola de Agronomia (1979-2005). Professor Titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas (2005-aposentadoria compulsória em fevereiro de 2013). Pós-Doutorado na Universidade de Valência, Espanha (2008-2009). Professor Emérito da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2014). Dedicado ao estudo da física, manejo e conservação do solo, com ênfase em solos coesos dos Tabuleiros Costeiros, citricultura, pastagem, plantas de cobertura e qualidade dos solos.

⁽³⁾ **Luciano da Silva Souza**, Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Bahia (1971). Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1976) e Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1992). Pesquisador aposentado da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (2009). Professor Associado do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2009). Tem experiência na área de Solos, com ênfase em Física, Manejo e Conservação do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: solos *coesos* dos Tabuleiros Costeiros, física do solo, manejo e conservação do solo e da água, plantas de cobertura e qualidade do solo.

ESCLARECIMENTO 2

Plantio direto – geralmente conhecido como plantio direto na palha, cultivo zero (*no-tillage*), cultivo reduzido, cultivo mínimo, dentre outras designações - é tradicionalmente reconhecido como técnica de cultivo conservacionista que consiste em manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais, com o objetivo de protegê-lo do impacto das gotas de chuva e das erosões hídrica e eólica; o preparo do solo (exclusivamente no sulco de semeadura), semeadura e adubação são feitos em uma única operação, utilizando-se máquinas agrícolas apropriadas para tal fim. No caso específico do presente trabalho, o termo “plantio direto” é utilizado por citricultores do Estado da Bahia, Brasil, para designar a técnica inovadora da semeadura e/ou plantio do porta-enxerto cítrico e enxertia no local definitivo do pomar.

ÍNDICE

RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
ÍNDICE DE QUADROS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xxv
I. INTRODUÇÃO	1
1. JUSTIFICATIVA PARA O PRESENTE TRABALHO.....	3
2. OBJETIVO E HIPOTETES.....	4
3. ESTUDOS COMPLEMENTARES.....	5
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
1. A GRANDE UNIDADE DE PAISAGEM TABULEIROS COSTEIROS.....	6
2. CLASSES DE SOLOS PREDOMINANTES NOS TABULEIOS COSTEIROS	7
3. HORIZONTES COESOS (ADENSADOS).....	11
4. DISTINÇÃO ENTRE COMPACTAÇÃO E ADENSAMENTO DO SOLO.....	12
5. MANEJO DOS SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS.....	17
6. PREPARO DO SOLO.....	18
7. INSTALAÇÃO CONVENCIONAL DOS POMARES CÍTRICOS.....	26
8. O PROBLEMA DA MUDA PRODUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO....	27
9. OUTROS METODOS DE PLANTIO DE CITROS.....	29
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
1. LOCALIZAÇÃO E SOLO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS.....	31
2. CLIMA LOCAL.....	33
3. CROQUIS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS	
AVALIADOS.....	34
4. PREPARO DO SOLO.....	35
5. CALAGEM E ADUBAÇÃO.....	36
6. SEMEADURA, DESBASTES, ENXERTIA E TRATOS CULTURAIS.....	36
7. CARACTERÍSTICAS DO PORTA-ENXERTO E DAS VARIEDADES	
COPAS.....	38
8. AVALIAÇÕES.....	39

8.1. DENSIDADE DAS PARTÍCULAS DO SOLO.....	41
8.2. DENSIDADE DO SOLO.....	41
8.3. POROSIDADE DO SOLO.....	42
8.4. RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO.....	44
8.5. DISPONIBILIDADE DA ÁGUA PARA AS PLANTAS.....	46
8.6. CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS.....	46
8.7. CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS.....	48
8.8. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR.....	49
9. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	50
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
1. EXPERIMENTO 1: INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR DE LARANJEIRA ‘PERA’ ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’	52
1.1. INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO.....	52
1.1.1. Influências do preparo do solo nas porosidades totais determinada e calculada.....	52
1.1.2. Influência do preparo do solo na macro e microporosidade.....	54
1.1.3. Influência do preparo do solo nas densidades do solo e das partículas do solo.....	55
1.1.4. Influência do preparo do solo na resistência a penetração.....	56
1.1.5. Influência do preparo do solo na capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível no solo.....	57
1.2. CRESCIMENTO RADICULAR DAS PLANTAS	60
1.2.1. Densidade de raízes na linha de plantio.....	60
1.2.2. Densidade de raízes na entrelinha de plantio.....	63
1.2.3. Densidade total de raízes no volume de solo avaliado.....	65
1.3. CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS.....	67
1.3.1. Influencia do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas.....	68
1.3.2. Influencia do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas.....	69
1.4. PODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR.....	71

1.4.1 Influencia do preparo do solo na produtividade e eficiência produtiva do pomar.....	71
1.4.2 Influencia do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar.....	73
2. EXPERIMENTO 2: INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR DE TANGELO ‘PAGE’ ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’.....	75
2.1. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	75
2.1.1. Influência do preparo do solo nas porosidades totais determinada e calculada.....	75
2.1.2. Influência do preparo do solo na macro e microporosidade.....	76
2.1.3. Influência do preparo do solo nas densidades do solo e das partículas do solo.....	77
2.1.4. Influência do preparo do solo na resistência a penetração.....	79
2.1.5. Influência do preparo do solo na capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível no solo.....	79
2.2. CRESCIMENTO RADICULAR DAS PLANTAS	81
2.2.1. Densidade de raízes na linha de plantio.....	81
2.2.2. Densidade de raízes na entrelinha de plantio.....	83
2.2.3. Densidade total de raízes no volume de solo avaliado.....	85
2.3. CRESCIMENTO DA PARTE ÁEREA DAS PLANTAS.....	87
2.3.1. Influencia do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas.....	87
2.3.2. Influencia do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas.....	87
2.4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR.....	91
2.4.1. Influencia do preparo do solo na produtividade e eficiência produtiva do pomar.....	91
2.4.2. Influencia do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar.....	93
3. EXPERIMENTO 3: INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, DO POMAR DE LIMEIRA ‘TAHITI’ ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’.....	95

3.1. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	95
3.1.1. Influência do preparo do solo nas porosidades totais determinada e calculada.....	95
3.1.2. Influência do preparo do solo na macro e microporosidade.....	96
3.1.3. Influência do preparo do solo nas densidades do solo e das partículas do solo.....	98
3.1.4. Influência do preparo do solo na resistência a penetração.....	99
3.1.5. Influência do preparo do solo na capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível no solo.....	99
3.2. CRESCIMENTO RADICULAR DAS PLANTAS	101
3.2.1. Densidade de raízes na linha de plantio.....	101
3.2.2. Densidade de raízes na entrelinha de plantio.....	103
3.2.3. Densidade total de raízes no volume de solo avaliado.....	105
3.3. CRESCIMENTO DA PARTE ÁEREA DAS PLANTAS.....	107
3.3.1. Influencia do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas..	107
3.3.2. Influencia do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas.....	107
4. SINTESE DA PESQUISA.....	110
4.1. INFLUÊNCIA DOS HORIZONTES COESOS NOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	110
4.2. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NA DENSIDADE TOTAL DE RAÍZES DAS CULTIVARES AVALIADAS.....	112
4.3. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO DO CRESCIMENTO DA PARTE ÁEREA DAS CULTIVARES AVALIADAS.....	113
4.4. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NA PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS POMARES LARANJEIRA ‘PERA’ E TANGELO ‘PAGE’.....	114
V. CONCLUSÕES	116
1. INFLUÊNCIA DA SUBSOLAGEM NOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	116
2. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO RADICULAR DAS CULTIVARES LARANJEIRA ‘PERA’, TANGELO ‘PAGE’ E LIMEIRA ‘TAHITI’.....	116

3. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO DA PARTE ÁEREA DAS CULTIVARES AVALIADAS.....	117
4. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NA PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS POMARES AVALIADOS.....	117
VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS.....	129

RESUMO

A Grande Unidade de Paisagem Tabuleiros Costeiros não oferece condições ambientais adequadas para o crescimento e produtividade dos pomares cítricos, devido à má distribuição das chuvas e às limitações físicas, químicas e físico-químicas de seus principais solos. Por outro lado, os sucessivos cortes das raízes quando das transplantações sementeira-viveiro-local definitivo do pomar modificam a arquitetura do sistema radicular das plantas, originalmente pivotante, transformando-o em um sistema radicular fasciculado, superficial, o que torna os pomares mais vulneráveis aos rigores do meio ambiente, especialmente em locais com má distribuição de chuvas e solos de baixa fertilidade, tal como sói acontecer nas principais regiões produtoras de citros do Estado da Bahia.

No presente estudo, avaliaram-se as influências do preparo do solo e do sistemas de plantio no crescimento, produtividade e eficiência produtiva de pomares de laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, cultivados em Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. Como atividade meio, avaliou-se a influência da subsolagem em indicadores da qualidade do solo da área experimental: porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade, resistência à penetração e retenção de água.

Partiu-se das seguintes hipóteses: 1) a subsolagem beneficia a estrutura do solo, melhorando a aeração, armazenagem de água e a penetração radicular; 2) pomares cítricos originários da sementeira e/ou plantio do porta-enxerto e enxertia no local definitivo das plantas (“plantio direto”), devido à melhor adaptação às condições ambientais, crescem e produzem mais, com maior eficiência produtiva, do que pomares cítricos originários do plantio de mudas formadas em viveiro. Tal hipótese foi confirmada, ocorrendo, entretanto, algumas exceções, como se verá a seguir:

A subsolagem contribuiu para o aumento da porosidade total, macroporosidade e retenção de água; o inverso ocorreu com a microporosidade, densidade do solo e resistência mecânica à penetração.

No plantio de mudas, a subsolagem contribuiu exclusivamente para o aumento significativo do crescimento radicular da limeira ‘Tahiti’; No “plantio direto”, a subsolagem contribuiu para o aumento significativo do crescimento radicular da laranjeira ‘Pera’ e da limeira ‘Tahiti’; independentemente do preparo do solo, o crescimento do sistema radicular

das cultivares tangelo 'Page' e limeira 'Tahiti' foi significativamente maior nos pomares originários do "plantio direto", especialmente nas áreas subsoladas.

Para as três cultivares avaliadas, não houve efeito significativo dos tratamentos de preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas; porém, em números absolutos, as plantas originárias do "plantio direto" cresceram mais que as plantas originárias de mudas.

No pomar de laranja 'Pera', no plantio de mudas, a subsolagem mostrou tendência para reduzir a produtividade (11%) e aumentar a eficiência produtiva (4%); no "plantio direto", a subsolagem causou aumento de 64,0 % na produtividade e de 47,0 % na eficiência produtiva; na área não subsolada, a produtividade do "plantio direto" foi 11,0 % maior do que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 53,0 % menor; na área subsolada, a produtividade do "plantio direto" foi 100,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 33,0 % menor.

No pomar de tangelo 'Page', no plantio de mudas, a subsolagem causou aumento de 53,0 % na produtividade e de 78,0 % na eficiência produtiva; no "plantio direto", a subsolagem causou aumento de 39,0 % na produtividade e de 34,0 % na eficiência produtiva; na área não subsolada, a produtividade do "plantio direto" foi 25,0 % maior do que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 8,0 % menor; na área subsolada, a produtividade do "plantio direto" foi 13,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 31,0 % menor.

Em ambos os pomares, independentemente do sistema de plantio, a média geral da produtividade e da eficiência produtiva é maior na área subsolada; independentemente do preparo do solo, a média geral da produtividade é significativamente maior no "plantio direto"; porém, a média geral da eficiência produtiva é significativamente maior no plantio de mudas.

Devido à notável diferença de crescimento e produtividade entre os dois sistemas de plantio, sugere-se a realização de futuras pesquisas com citros (e cultivos similares), comparando-se "plantio direto" com plantio de mudas, utilizando diferentes combinações genéticas copa/porta-enxerto, enfocando nos seguintes fatores e parâmetros: crescimento do sistema radicular; tolerância das plantas à seca e às pragas; níveis de adubação; localização dos adubos; e preparo do solo (particularmente quanto à necessidade de subsolagem).

Termos de indexação: laranja 'Pera', tangelo 'Page', limeira 'Tahiti', indicadores de qualidade do solo, subsolagem, plantio de mudas, "plantio direto".

ABSTRACT

Influence of soil preparation and planting system on growth, productivity and production efficiency of citrus orchards grown on a cohesive soil of the Coastal Table of the State of Bahia, Brazil

The Great Landscape Unit of the Coastal Tablelands does not offer suitable environmental conditions for citrus orchards' growth and productivity due to uneven rainfall distribution and physical, chemical and physicochemical limitations of its main soil types. On the other hand, the successive cuts suffered by the roots during seed-nursery-final location transplantation of the saplings, modify the originally pivoting plant root system architecture, transforming it into a fascicular and superficial root system. This makes orchards more vulnerable to environmental stresses, especially in places with an erratic rainfall distribution and low soil fertility, as often happens in the major citrus producing regions of the State of Bahia. The present study evaluated the influence of soil preparation and planting systems on growth, productivity and production efficiency of orchards of 'Pera' orange, 'Page' tangelo and 'Tahiti' lime grafted on 'Rangpur lime', grown on a Coastal Table Distrocohesive Yellow Latossolo of the State of Bahia. As an ancillary study, the influence of subsoiling on soil quality indicators of the study site was evaluated: total porosity; macro and micro porosity; soil and particle densities; penetration resistance and water retention.

The following hypotheses were adopted: 1) subsoiling benefits the soil structure, improving aeration, water storage and root penetration; 2) Citrus orchards from sowing and / or planting of rootstock and grafting at the definitive site of the plants ("no-tillage"), due to the better adaptation to environmental conditions, grow and produce more, with greater productive efficiency, than orchards citrus fruits originating from the planting of nursery seedlings. This hypothesis was confirmed, however, with some exceptions, as will be seen below:

Subsoiling contributed to the increase of total porosity, macroporosity and water retention and to the decrease of microporosity, soil density and mechanical resistance to penetration.

Considering transplanting, subsoiling contributed exclusively to a significant increase in root growth of 'Tahiti' lime. Under direct seeding, subsoiling contributed to a significant increase in root growth of the 'Page' tangelo and 'Tahiti' lime. Independently of the soil preparation method, root growth of the 'Page' tangelo and 'Tahiti' lime cultivars was

significantly bigger in orchards originating from direct seeding, particularly in the subsoiled areas.

For the three cultivars under study there was no significant effect of the soil preparation treatments on the growth of the aerial part of the plants. However, in absolute numbers, plants originating from direct seeding grew more than plants originating from saplings.

In the 'Pera' orange orchard, considering the use of saplings, subsoiling tended to reduce productivity (11%) and increase production efficiency (4%). Under direct seeding, subsoiling caused an increase of 64 % in productivity and of 47 % in productive efficiency. In the non-subsoiled area, direct seeding productivity was 11 % higher than that of the saplings, but the productive efficiency was 53 % lower. In the subsoiled area, direct seeding productivity was 100 % higher than that of the saplings, but the productive efficiency was 33 % lower.

In the 'Page' tangelo orchard, considering the use of saplings, subsoiling caused an increase of 53 % in productivity and of 78 % in productive efficiency. Under direct seeding, subsoiling caused an increase of 39 % in productivity and of 34 % in productive efficiency. In the non-subsoiled area, direct seeding productivity was 25 % higher than that of the saplings, but the productive efficiency was 8 % lower. In the subsoiled area, direct seeding productivity was 13 % higher than that of the saplings but the productive efficiency was 31 % lower.

In both orchards, regardless of the planting system, the general average of productivity and productive efficiency was higher in the subsoiled area. Regardless of the soil preparation method, the overall productivity average was significantly higher under direct seeding. However, the overall average of productive efficiency was significantly higher using saplings.

Due to the remarkable difference of growth and productivity between the two planting systems, it is suggested that further research be carried out with citrus (and similar crops) comparing direct seeding with the use of saplings, using different crown/rootstock genetic combinations, and focussing on the following factors and parameters:, such as root system growth; tolerance of plants to drought and pests; levels of fertilization; location of fertilizers and soil preparation (particularly regarding the need for subsoiling).

Index terms: 'Pera' orange cultivar, 'Page' tangelo cultivar, 'Tahiti' lime cultivar, soil quality indicators, subsoiling, transplanting, direct seeding.

ÍNDICE DE QUADROS

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quadro II.1	Correspondência aproximada entre SiBCS, WRB/FAO e Soil Taxonomy para Classes de Solos (Embrapa, 2013)	8
Quadro II.2	Resultados de análises físicas e químicas de um Latossolo Amarelo Distrocoeso representativo dos Tabuleiros Costeiros.....	9
Quadro II.3	Resultados de análises físicas e químicas de um Argissolo Amarelo Distrocoeso representativo dos Tabuleiros Costeiros.....	10

III. MATERIAL E MÉTODOS

Quadro III.4	Análises físicas do solo da área experimental. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Bahia, 2008.....	32
Quadro III.5	Análises químicas do solo da área experimental. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, 2008.....	32

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro IV.6	Análise de variância referente à influência da subsolagem nos indicadores de qualidade do solo ¹ cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	52
--------------------	--	----

Quadro IV.7	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) na linha de plantio (RL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	60
Quadro IV.8	Influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	61
Quadro IV.9	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) na entrelinha de plantio (REL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	63
Quadro IV.10	Influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	64
Quadro IV.11	Análise de variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	65
Quadro IV.12	Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (RE + REL) no volume de solo avaliado, cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’.	

	Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	66
Quadro IV.13	Análise da variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	68
Quadro IV.14	Desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea da laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	68
Quadro IV.15	Desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea da laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	70
Quadro IV.16	Análise de variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	71
Quadro IV.17	Desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com a produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	72

Quadro IV.18	Desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com a produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	73
Quadro IV.19	Análise de variância referente à influência da subsolagem nos indicadores de qualidade do solo cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	75
Quadro IV.20	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) na linha de plantio (RL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	81
Quadro IV.21	Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes na linha de plantio (RL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	82
Quadro IV.22	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) na entrelinha de plantio (REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	83
Quadro IV.23	Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes na entrelinha de plantio (REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	84

Quadro IV.24	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	85
Quadro IV.25	Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	86
Quadro IV.26	Análise da variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea da tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	87
Quadro IV.27	Desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea da tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	88
Quadro IV.28	Desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea da tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	90
Quadro IV.29	Análise de variância referente à influência do preparo do solo, sistema de plantio e interação preparo do solo/sistema de plantio na	

	produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	91
Quadro IV.30	Desdobramento estatístico de preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com produtividade e eficiência produtiva da tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	92
Quadro IV.31	Desdobramento estatístico de sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com produtividade e eficiência produtiva da tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	94
Quadro IV.32	Análise de variância referente à influência da subsolagem nos indicadores de qualidade do solo cultivado com limeira 'Tahiti' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	95
Quadro IV.33	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio no crescimento radicular na linha de plantio (RL) de limeira 'Tahiti' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	101
Quadro IV.34	Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes na linha de plantio (RL) de limeira 'Tahiti' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	102

Quadro IV.35	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) na entrelinha de plantio (REL) de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	103
Quadro IV.36	Densidade de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) ³ da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, na entrelinha de plantio (ELP), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	104
Quadro IV.37	Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	105
Quadro IV.38	Densidade de raízes (cm de raiz cm^{-3} de solo) ³ da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, na linha+entrelinha de plantio (RL+REL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	106
Quadro IV.39	Análise da variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	107
Quadro IV.40	Desdobramento estatístico de preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	108

Quadro IV.41 Desdobramento estatístico de sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea do pomar de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 109

ÍNDICE DE FIGURAS

I. INTRODUÇÃO

Figura I.1	Principais estados brasileiros produtores de citros, destacados com bolas pretas.....	1
Figura I.2	Regiões citrícolas do Estado da Bahia – áreas em produção e áreas com potencial de expansão (Pereira 2010).....	2

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura II.3	(A), Mapa do Nordeste do Brasil, destacando-se a faixa dos Tabuleiros Costeiros em azul-escuro (Silva et al. (1993); (B), Vista da Baixada Litorânea (BL) e dos Tabuleiros Costeiros (TC) (Costa do Descobrimento, BAHIATURSA); (C), Localização dos Tabuleiros Costeiros na paisagem (WWW.pedologiafacil.com.br/solo paisagem.php).....	6
Figura II.4	Solos representativos dos principais polos citrícolas da Bahia e Sergipe: Latossolo Amarelo coeso e Argissolo Amarelo coeso. (adaptação de L. da S. Souza e J. de O. Rezende).....	7
Figura II.5	Curvas de resistência do solo à penetração (RP) em função da umidade, de horizonte superficial não coeso (A) e horizonte subsuperficial coeso (B) de Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico de Tabuleiro Costeiro sob floresta secundária, em Cruz das Almas, Bahia (Giarola et. al. 2001). (Lc – Limite crítico para o crescimento das raízes).....	11

Figura II.6	Densidade de raízes de laranjeira ‘Hamlin’ enxertada em limão ‘Cravo’, em uma topossequência de solos de tabuleiro cultivada com citros, constituída por Latossolo Amarelo Distrocoeso (LAx), Argissolo Amarelo Distrocoeso (PAx) e Argissolo Acinzentado (PAC) não coeso (Souza et al. 2008).....	15
Figura II.7	Efeito do preparo do solo (T1- aração + gradagem, 0,25 cm de profundidade; T2 - subsolagem com uma haste nas linhas de plantio; T3 - subsolagem cruzada, com uma haste, nas linhas de plantio; T4 - subsolagem com três hastes nas linhas de plantio; T5 - subsolagem cruzada, com três hastes, nas linhas de plantio) na resistência mecânica do solo à penetração (A) e consequências no crescimento radicular de tangor ‘Murcott’ (B), em Latossolo Amarelo Distrocoeso do Estado da Bahia, Brasil (Rezende et al. 2002). Nota-se que as subsolagens feitas com uma haste subsoladora atingiram a profundidade limite de 0,45 a 0,50 m; naquelas feitas com três hastes, a profundidade limite foi de 0,35 a 0,40 m.....	20
Figura II.8	Efeito do preparo do solo (T1- aração + gradagem, 0,25 m de profundidade; T2 - subsolagem com uma haste nas linhas de plantio; T3 - subsolagem cruzada, com uma haste, nas linhas de plantio; T4 - subsolagem com três hastes nas linhas de plantio; T5 - subsolagem cruzada, com três hastes, nas linhas de plantio) na produtividade de pomar de tangor ‘Murcott [PFT (peso de frutos total) = PFP (peso de frutos no pé) + PFC (peso de frutos caídos antes da colheita)] (Brandão 2005). As maiores produtividades foram alcançadas com maiores distúrbio do solo.....	21
Figura II.9	As três etapas principais da instalação convencional do pomar cítrico, desde a formação das mudas até o plantio no local definitivo. (A) viveiro telado; (B) viveiro a céu aberto. Fotos: J. de O. Rezende.....	26
Figura II.10	(A) As partes da raiz; (B), sistemas radiculares: pivotante (à esquerda) e fasciculado (à direita); (C), planta cítrica originária do plantio do	

	porta-enxerto no local definitivo do pomar, com raiz pivotante indicada pela seta; (D), planta cítrica resultante do plantio de mudas, com sistema radicular fasciculado devido ao corte da raiz pivotante. (C e D, fotos tiradas na Fazenda Lagoa do Coco, Município de Rio Real, Bahia, por J. de O. Rezende).....	28
Figura II.11	Detalhes dos sistemas de plantio: (A) Convencional – formação das mudas em viveiro telado; (B) – semeadura do porta-enxerto no local definitivo do pomar (“plantio direto”). Fotos: da esquerda, R. T. Shibata e J. de O. Rezende; da direita, E. S. R. Reis.....	30
 III. MATERIAL E MÉTODOS		
Figura III.12	Localização geográfica, perfil do solo e placa de identificação das áreas experimentais. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia. Fotos: da área, J. de O. Rezende; do solo, Z. S. Carvalho e O. D. V. Costa (2008).....	31
Figura III.13	Precipitações pluvial anual (A) e mensal (B) do Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia. As cores indicam pluviosidades que estão acima (azul) e abaixo (rosa) das médias respectivas. As figuras foram elaboradas pelo Professor Luciano Souza, com dados da Estação Meteorológica da Citricultura Maratá - cortesia do Engenheiro Agrônomo Djalma Faria de Oliveira Filho, Gerente Agrícola da Empresa.....	33
Figura III.14	Croquis das áreas experimentais de limeira ‘Tahiti’, tangelo ‘Page’ e laranjeira ‘Pera’. As plantas das parcelas úteis estão destacadas em vermelho. Esclarecimento: Área experimental por cultivar = conjunto das 4 operações: com subsolagem/sem subsolagem x plantio de mudas/”plantio direto”; (parcela = cada combinação de sistema de plantio e preparo do solo).....	34

Figura III.15	Preparo do solo: (A) – aração, com grade aradora, até 0,25 m de profundidade; (B) - subsolagem ao longo das linhas de plantio até cerca de 0,45 m de profundidade. Fotos: J. de O. Rezende.....	35
Figura III.16	Detalhes da enxertia no local definitivo do pomar: (A) preparação das borbulhas (gemas); (B) enxertia; (C) dobra do porta-enxerto acima do ponto de enxertia; (D) a parte do porta-enxerto acima do ponto de enxertia é mantida até a pega do enxerto, para assegurar a circulação da seiva. Fotos: R. T. Shibata e J. O. Rezende.....	37
Figura III.17	Detalhes da coleta de amostras deformadas e indeformadas nos horizontes do perfil do solo: (A) trincheira, perfil do solo e respectivos horizontes; (B) material utilizado na coleta de amostras e locais de amostragem do solo; (C) coleta de amostras; (D) embalagem das amostras destinadas ao laboratório: Fotos: E. S. R. Reis.....	40
Figura III.18	Detalhes da avaliação da densidade do solo: (A) descarte do excesso de terra e proteção da base da amostra com pano tipo gaze e (B) secagem na estufa a 105°C. Fotos: E. S. R. Reis.....	42
Figura III.19	Detalhes da determinação da porosidade do solo: (A) saturação das amostras por ascensão capilar; (B) amostras na mesa de tensão para extração da água dos macroporos; (C) secagem na estufa a 105 °C; (D) pesagem das amostras. Fotos: E. S. R. Reis.....	43
Figura III.20	Detalhes da avaliação da resistência mecânica do solo à penetração: (A e B) amostragem do solo no campo. No laboratório: (C) saturação das amostras por ascensão capilar da água; (D) disposição das amostras nas placas de pressão de Richards (1949); (E) determinação da resistência à penetração no solo previamente submetido a uma tensão	

	de -0,1 MPa, utilizando-se o penetrômetro de bancada; (F) secagem das amostra em estufa a 105°C. Fotos: E. S. R. Reis.....	45
Figura III.21	Detalhes da amostragem das raízes: (A) pontos de amostragem nas linhas e entrelinhas de plantio; (B) amostragens ao longo do perfil do solo; (C) amostra de solo com raízes; (D) raízes sendo preparadas para a digitalização. Fotos: E. S. R. Reis.....	47
Figura III.22	Detalhes da avaliação da parte aérea das plantas: (A) altura, medida do chão até o plano mediano entre o topo e o meio da copa; (B) diâmetro da copa, medido em duas posições: perpendicular às linhas de plantio e no sentido das linhas de plantio; (C e D) diâmetros do caule do enxerto e do porta-enxerto, medidos 0,10 m acima e abaixo do ponto de enxertia, respectivamente. Fotos: E. S. R. Reis.....	48
Figura III.23	Detalhes da colheita e pesagem dos frutos: (A e B) laranjeira ‘Pera’; (C e D) tangelo ‘Page’; (E e F) pesagem dos frutos de laranjeira ‘Pera’ e tangelo ‘Page’, respectivamente. Fotos: E. S. R. Reis.....	49

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura IV.24	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas porosidades totais determinada (A) e calculada (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com laranjeira ‘Pera’(LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	53
Figura IV.25	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na macroporosidade (A) e microporosidade (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com laranjeira ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço	

	das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	55
Figura IV.26	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas densidades do solo (A) e das partículas do solo (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com laranja ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	56
Figura IV.27	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na resistência mecânica à penetração das áreas de plantio de mudas (A) e de “plantio direto” (B) cultivadas com laranja ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	57
Figura IV.28	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas estimativas da capacidade de campo (A), ponto de murcha permanente (B) e água disponível (C) das áreas com plantio de mudas (PM) e “plantio direto” (PD) cultivadas com laranja ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	59
Figura IV.29	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de laranja ‘Pera’, enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio, ao longo do perfil do solo: (A) PM, com e sem subsolagem; (B) PD, com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	62
Figura IV.30	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com	

subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes avaliada na entrelinha de plantio (REL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) PM, com e sem subsolagem; (B) PD, com e sem subsolagem ; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. . Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 64

Figura IV.31 Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade total de raízes (RL+REL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, ao longo do perfil: (A) PM, com e sem subsolagem; (B) PD, com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. . Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 67

Figura IV.32 Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] da laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre plantio de mudas (PM) com e sem subsolagem; (B) comparação entre “plantio direto” (PD) com e sem subsolagem. Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 69

Figura IV.33 Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de

	laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD sem subsolagem (SS); (B) comparação entre PM e PD com subsolagem (CS). Independentemente do preparo do solo, houve efeito significativo do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	70
Figura IV.34	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem; SS = sem subsolagem) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) plantio de mudas (PM) com e sem subsolagem; (B) “plantio direto” (PD) com e sem subsolagem. No plantio de mudas, a subsolagem prejudicou significativamente a produtividade dos pomares (não houve efeito significativo na eficiência produtiva); no “plantio direto”, a subsolagem beneficiou significativamente a produtividade e a eficiência produtiva. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	72
Figura IV.35	Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) e do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; (B) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Independentemente do preparo do solo, a produtividade do “plantio direto” foi significativamente maior que a do plantio de mudas; vice-versa para a eficiência produtiva. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	73
Figura IV.36	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na porosidade total determinada (A) e na porosidade total calculada (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral	

	Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	76
Figura IV.37	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na macroporosidade (A) e microporosidade (B) do solo das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’ (TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	77
Figura IV.38	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas densidades do solo (A) e das partículas do solo (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	78
Figura IV.39	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na resistência mecânica à penetração: (A) das áreas de plantio de mudas (PM) e (B) nas áreas de “plantio direto” (PD), cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	79
Figura IV.40	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas estimativas da capacidade de campo (A), ponto de murcha permanente (B) e água disponível (C) da áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	80
Figura IV.41	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de tangelo ‘Page’ enxertada	

em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo: **(A)** PM com e sem subsolagem; **(B)** PD com e sem subsolagem; **(C)** comparação entre PM e PD sem subsolagem; e **(D)** comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 82

Figura IV.42 Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo: **(A)** PM com e sem subsolagem; **(B)** PD com e sem subsolagem; **(C)** comparação entre PM e PD sem subsolagem; e **(D)** comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 84

Figura IV.43 Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade total de raízes (RL+REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: **(A)** PM com e sem subsolagem; **(B)** PD com e sem subsolagem; **(C)** comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e **(D)** comparação entre PM e PD, com subsolagem. . Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 86

Figura IV.44 Influência do preparo (CS = com subsolagem; SS = sem subsolagem) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: **(A)** comparação entre plantio de mudas (PM) com subsolagem (CS) e sem subsolagem (SS); **(B)** comparação entre “plantio direto” (PD) com subsolagem (CS) e sem subsolagem (SS).

Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 89

Figura IV.45 Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; (B) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Independentemente do preparo do solo, houve efeito significativo do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 90

Figura IV.46 Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM =plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM com e sem subsolagem; (B) comparação entre PD com e sem subsolagem. Independentemente do sistema de plantio, a subsolagem contribuiu para aumentar significativamente a produtividade e a eficiência produtiva dos pomares..... 92

Figura IV.47 Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) e do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; (B) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Independentemente do preparo do solo, a produtividade do “plantio direto” foi significativamente maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi significativamente e menor..... 94

Figura IV.48	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas porosidade total determinada (A) e na porosidade total calculada (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	96
Figura IV.49	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na macroporosidade (A) e na microporosidade (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	97
Figura IV.50	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas densidades do solo (A) e das partículas do solo (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	98
Figura IV.51	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na resistência mecânica à penetração: (A) das áreas de plantio de mudas (PM) e (B) das áreas de “plantio direto” (PD), cultivadas com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	99
Figura IV.52	Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas estimativas da capacidade de campo (A), ponto de murcha permanente (B) e água disponível (C) das áreas com plantio de mudas (PM) e “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras,	

Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	100
--	-----

Figura IV.53	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	102
---------------------	--	-----

Figura IV.54	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	104
---------------------	--	-----

Figura IV.55	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.....	106
---------------------	--	-----

Figura IV.56	Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com
---------------------	---

subsolagem) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) plantio de mudas (PM), com e sem subsolagem; (B) “plantio direto” (PD), com e sem subsolagem. Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 108

Figura IV.57 Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) PM x PD, sem subsolagem (SS); (B) PM x PD, com subsolagem (CS). Independentemente do preparo do solo, houve efeito significativo do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 109

Figura IV.58 Influências dos horizontes coesos nos seguintes indicadores de qualidade do solo: (A e B) porosidades totais determinada e calculada, respectivamente; (C) macroporosidade; e (D) água disponível. As figuras tomadas como exemplos correspondentes ao experimento de tangelo ‘Page’ por apresentar melhor as tendências observadas em praticamente todos esses indicadores..... 110

Figura IV.59 Influências dos horizontes coesos nos seguintes indicadores de qualidade do solo: (A) microporosidade; (B) densidade do solo (C) resistência mecânica do solo à penetração; (D) capacidade de campo; e (E) ponto de murcha permanente. As figuras tomadas como exemplos

correspondem ao experimento de tangelo ‘Page’ por apresentar melhor as tendências observadas em praticamente todos esses indicadores..... 111

Figura IV.60 Densidade total de raízes dos pomares de laranjeira ‘Pera’ (LP), tangelo ‘Page’ (TP) e limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’: (A) plantio de mudas (PM) sem subsolagem (SS); (B) plantio de mudas (PM) com subsolagem (CS); (C) “plantio direto” (PD) sem subsolagem; (D) “plantio direto” (PD) com subsolagem (CS). Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil..... 112

Figura IV.61 Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] dos pomares de laranjeira ‘Pera’ (LP), tangelo ‘Page’ (TP) e limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’: (A e B) plantio de mudas, sem e com subsolagem, respectivamente; (C e D) “plantio direto sem e com subsolagem, respectivamente)..... 113

Figura IV.62 Influências do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na produtividade e eficiência produtiva dos pomares de laranjeira ‘Pera’ (LP) e tangelo ‘Page’ (TP) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’: (A e B) plantio de mudas, sem e com subsolagem, respectivamente; (C e D) “plantio direto sem e com subsolagem, respectivamente)..... 115

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, cultivam-se citros em todo o território brasileiro, porém 95,61 % das áreas colhidas estão concentradas em nove estados da Federação, na seguinte ordem decrescente (Figura 1): São Paulo (58,75 %), Bahia (9,20 %), Minas Gerais (7,50 %), Sergipe (6,40 %), Rio Grande do Sul (4,90 %), Paraná (4,70 %), Pará (1,87 %), Rio de Janeiro (1,12 %) e Goiás (1,11 %). Em 2015, a área colhida foi de 760,22 mil hectares (87,50 % de laranja, 6,10 % de limão e 6,40 % de tangerina) e a produção foi de aproximadamente 18,93 milhões de toneladas (88,50 % de laranja, 6,20 % de limão, 5,30 % de tangerina) - a maior do mundo há alguns anos. O valor da produção foi de 7,24 bilhões de reais (77,90 % de laranja, 11,70 % de limão e 10,40 % de tangerina) (IBGE, 2015).



Figura 1 – Principais estados brasileiros produtores de citros, destacados com bolinhas pretas.

A cadeia produtiva abrange a produção de mudas protegidas, plantio e cultivo, comercialização do fruto *in natura*, produção do suco de laranja, distribuição internacional em sistemas integrados a granel com caminhões-tanques, terminais portuários e navios que levam ao consumidor produtos citrícolas. O Brasil produz metade do suco de laranja do planeta,

cujas exportações trazem de US\$ 1,5 bilhão a US\$ 2,5 bilhões por ano ao País. Essa riqueza está distribuída em centenas de empresas diretamente ligadas ao setor, em milhares de propriedades rurais, gerando milhares de empregos diretos e indiretos, recolhendo impostos, movimentando estabelecimentos dedicados ao cultivo da laranja. Em todo o Brasil são mais de 3.000 municípios onde a cultura está presente (Neves et al. 2010).

O Estado da Bahia (Figura 2), terceiro produtor nacional de laranja e segundo de limão, é o maior produtor das Regiões Norte e Nordeste. Em área plantada - igual à área colhida -, tem como principais produtores as Regiões Litoral Norte/Agreste de Alagoinhas (79,0 %) e o Recôncavo Sul (14,3 %) (IBGE, 2015).

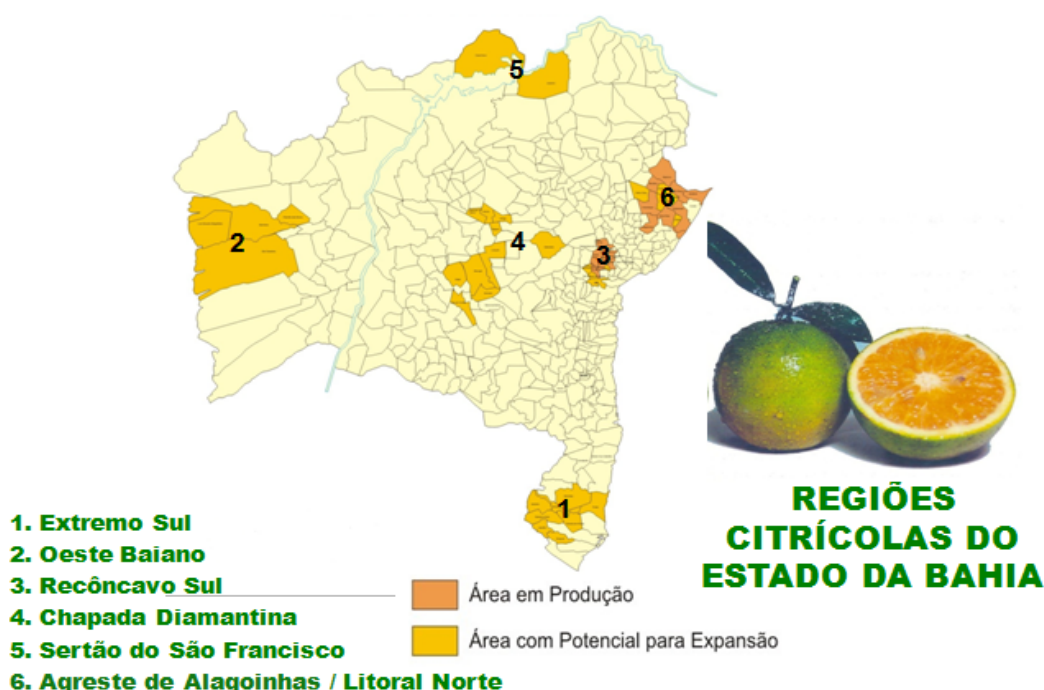


Figura 2 – Regiões citrícolas do Estado da Bahia – áreas em produção e áreas com potencial de expansão (Pereira, 2010).

O Município de Rio Real, localizado no Litoral Norte do Estado, participa com 30,5 % da área colhida/plantada e 33,5 % da produção de laranja, destacando-se como quinto produtor do país e primeiro das Regiões Norte e Nordeste - metade dessa produção abastece indústrias e a outra metade o mercado interno. Nesse município, cultivam-se, inclusive, limão e tangerina, totalizando, respectivamente, 1,84 %, e 11,9 % da produção local. O Município de Inhambupe, localizado na Região Agreste de Alagoinhas, é o segundo produtor estadual de laranja (32,1% da área colhida/plantada e 26,58 % da produção). No Recôncavo Sul, o maior produtor de laranja e tangerina é o Município de Sapeaçu (3,4 % e 4,0 % da produção,

respectivamente); o Município de Cruz das Almas é o segundo produtor de laranja e o primeiro de limão (2,4 % e 29,4 % da produção, respectivamente) (IBGE, 2015).

No período de 2001 a 2015, a área colhida e a produção de laranja aumentaram, porém houve decréscimo no rendimento. Nas lavouras de limão e tangerina, houve aumento da área colhida, produção e rendimento, destacando-se a lavoura de limão. Os rendimentos das três lavouras, entretanto, são considerados baixos, devido aos seguintes fatores principais: pomares velhos; incidência de pragas e doenças, com significativos reflexos nos custos de produção; solos de baixa fertilidade; inadequado manejo dos pomares comerciais; estreita base genética das plantas.

As condições químicas ideais para as plantas cítricas são as seguintes (Malavolta & Violante Netto, 1989): pH em água, em torno de 6,0; P (fósforo), 16 a 40 mg dm⁻³; K (potássio), 0,16 a 0,30 cmol_c kg⁻¹; Mg (magnésio), 0,5 a 0,8 cmol_c kg⁻¹; saturação por bases (valor V), 51 a 70 %; Ca, H e Al, 40%, 28% e 2% da CTC, respectivamente. Quanto aos atributos físicos, os citros medram em solos com ampla variação textural, porém são os de textura média (em torno de 20% de argila) os mais adequados; não toleram solos mal drenados - raramente são encontrados bons pomares com plantas crescendo satisfatoriamente em solos bem drenados com menos de um metro de profundidade (Oliveira 1991). Quando crescem em solos friáveis e bem estruturados apresentam vigoroso sistema radicular - há registro de raízes aprofundando-se até 10,2 m e estendendo-se até 7,5 m do tronco (Castle et al. 1993). Esse crescimento é prejudicado em solos com horizontes adensados, nos quais as plantas geralmente apresentam sistema radicular superficial devido à elevada resistência à penetração, insuficiência de oxigênio e elevados teores de dióxido de carbono (Pace & Araújo 1986).

1. JUSTIFICATIVA PARA O PRESENTE TRABALHO

Os Latossolos e Argissolos Amarelos da Grande Unidade de Paisagem Tabuleiros Costeiros - berço da citricultura do Estado da Bahia, caracterizam-se como: profundos; ácidos a fortemente ácidos (pH em água normalmente com valores compreendidos entre 4,0 e 5,0); em geral, contêm alumínio trocável e são álicos [saturação por alumínio ($100 \text{ Al}^{3+}/\text{S} + \text{Al}^{3+}$) ≥ 50 % – muitas vezes esse alumínio aumenta do horizonte A para o B]; apresentam capacidade de troca catiônica (CTC ou valor T) muito baixa, normalmente menor do que 6,5 cmol_c dm⁻³ de argila, descontada a contribuição do carbono; contêm baixos teores de matéria orgânica,

baixa disponibilidade de nutrientes e presença frequente de horizontes *coesos* (densos); na mineralogia da fração argila predomina a caulinita, com percentagens entre 70 e 90 % (Jacomine 1996). Pesquisas de Paiva et al (1998) mostraram que tais solos passam por períodos sem água disponível (até a profundidade avaliada de 1,5 m de profundidade) que duram até cinco meses por ano, fato esse agravado em anos de precipitação abaixo do normal — e sem água no solo as plantas não conseguem se nutrir. Mostraram também que o sistema radicular de plantas cítricas originárias de mudas transplantadas — cuja pivotante foi extirpada quando do plantio — apresentaram significativa sensibilidade aos horizontes coesos, nos quais a elevada resistência à penetração restringiram consideravelmente o seu crescimento e aprofundamento no solo.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia vem realizando estudos a fim de disponibilizar um sistema de manejo que possibilite, com menor relação custo/benefício, maior longevidade, sustentabilidade e produtividade de pomares cítricos em condições ambientais dos Tabuleiros Costeiros. O “plantio direto” dos citros (semeadura e/ou plantio do porta enxerto no local definitivo do pomar) traduz-se em uma forma prática e economicamente viável — e, por isso mesmo, com maior alcance para os pequenos produtores — de minimizar o grave problema de baixo suprimento de água no solo ao longo do ano, pelo fato de proporcionar maior aprofundamento das raízes (REZENDE et al., 2002).

2. OBJETIVO E HIPOTETES

O objetivo do presente estudo/pesquisa é avaliar as influências de dois métodos de preparo do solo (com e sem subsolagem) e dois sistemas de plantio (“plantio direto” e plantio de mudas formadas em viveiro) no crescimento (parte aérea e raízes), produtividade (peso de frutos por hectare) e eficiência produtiva (relação entre o peso de frutos por planta e o volume da copa) de pomares de laranjeira ‘Pera’, tangerineira tangelo ‘Page’ e limeira ácida ‘Tahiti’, todas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, cultivadas em um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. Tal pesquisa baseia-se nas seguintes hipóteses: 1) a subsolagem beneficia a estrutura do solo, melhorando a aeração, armazenagem de água e a penetração radicular; 2) pomares cítricos originários da semeadura e/ou plantio do porta-enxerto e enxertia no local definitivo das plantas (“plantio direto”), devido à melhor adaptação às condições ambientais, crescem e produzem mais, com maior eficiência produtiva, do que pomares cítricos originários do plantio de mudas formadas em viveiro.

3. ESTUDOS COMPLEMENTARES

Como estudo complementar, avaliaram-se os efeitos da subsolagem — utilizada para romper a barreira física imposta pelos horizontes coesos — nos seguintes indicadores de qualidade do solo: porosidade (total, macroporosidade e microporosidade), densidades do solo (também chamada de densidade aparente) e das partículas do solo (também chamada de densidade real), resistência mecânica à penetração e retenção de água (capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível para as plantas).

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. A GRANDE UNIDADE DE PAISAGEM TABULEIROS COSTEIROS

Os Tabuleiros Costeiros caracterizam-se por superfícies em forma de mesetas cujos topos apresentam-se planos ou com suaves ondulações (Figura 3); em certos trechos da costa nordestina, essas superfícies são cortadas em falésias abruptas formando extensos planaltos escarpados (Silva et al. 1993).

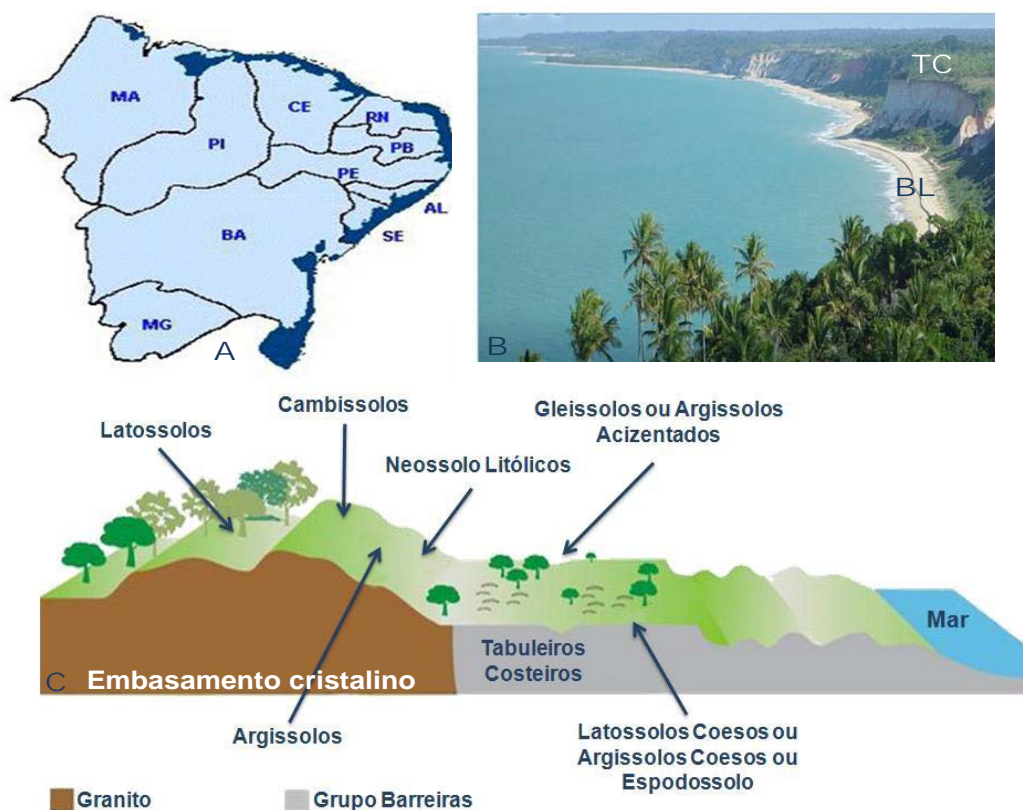


Figura 3 – (A), Mapa do Nordeste do Brasil, destacando-se a faixa dos Tabuleiros Costeiros em azul-escuro (Silva et al. 1993); (B), vista da Baixada Litorânea (BL) e dos Tabuleiros Costeiros (TC) (Costa do Descobrimento, BAHIA TURSA); (C), localização dos Tabuleiros Costeiros na paisagem (WWW.pedologiafacil.com.br/solo_paisagem.php).

Espraia-se por quase toda a faixa litorânea do Brasil, desde o Estado do Amapá até ao Estado do Rio de Janeiro, estendendo-se pelo vale do rio Paraíba do Sul (no Estado de São Paulo); limita-se, na parte ocidental, com morros do cristalino e, na parte oriental, com a Baixada Litorânea; ocupam, ainda, grande extensão de terras no médio e baixo vale do rio Amazonas e efluentes, nos Estados do Maranhão e Piauí e nas zonas semiáridas de

Pernambuco e Bahia, estendendo-se para o sul e para a região do Jequitinhonha, em Minas Gerais (Jacomine 1996).

2. CLASSES DE SOLOS PREDOMINANTES NOS TABULEIROS COSTEIROS

As classes de solos encontradas na faixa dos Tabuleiros Costeiros são, pela ordem de expressão geográfica: Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos (antigos Podzólicos Amarelos), Neossolos Quartzarênicos (outrora, Areias Quartzosas), Espodossolos (antigos Podzóis), Argissolos Acinzentados (antigos Podzólicos Acinzentados) e Plintossolos. Nos tabuleiros do Litoral Norte Baiano aparecem, também, os Latossolos Vermelhos (antigos Latossolos Vermelho-Escuros (Jacomine 1996) — o quadro 1 mostra a correspondência entre os Sistemas de Classificação de Solos do Brasil (SiBCS), WRB/FAO e Soil Taxonomy.

A figura 4 mostra perfis de Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo representativos dos Tabuleiros Costeiros, berço da citricultura dos Estados da Bahia e Sergipe.

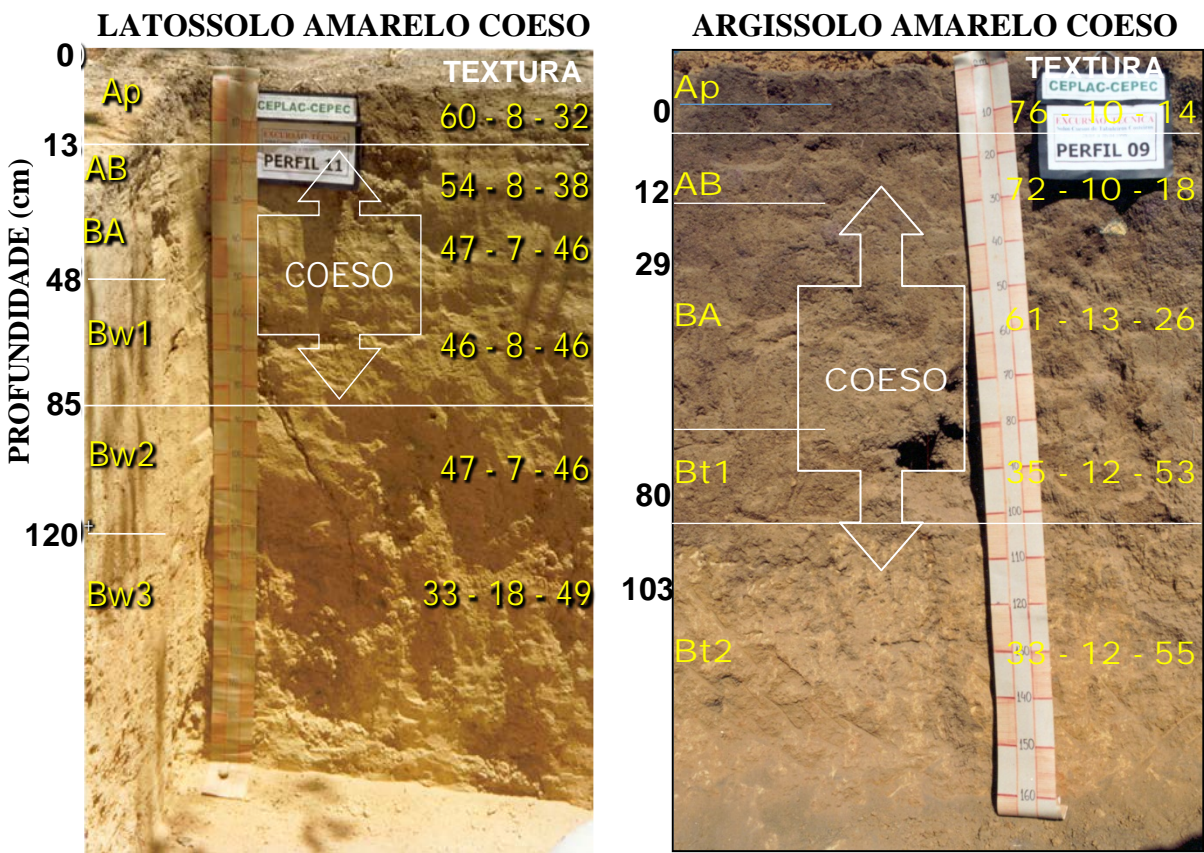


Figura 4 - Solos representativos dos principais polos citrícolas da Bahia e Sergipe: Latossolo Amarelo coeso e Argissolo Amarelo Coeso (adaptação de L. da S. Souza e J. de O. Rezende).

Os Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos caracterizam-se como: profundos; ácidos a fortemente ácidos – pH em água normalmente com valores compreendidos entre 4,0 e 5,0; em geral, contêm alumínio trocável e são alumínicos [saturação por alumínio ($100 \text{ Al}^{3+}/\text{S} + \text{Al}^{3+}) \geq 50 \%$ – muitas vezes esse alumínio aumenta do horizonte A para o B]; apresentam capacidade de troca catiônica (CTC ou valor T) muito baixa, normalmente menor do que $6,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de argila, descontada a contribuição do carbono; contêm baixos teores de matéria orgânica, baixa disponibilidade de nutrientes e presença frequente de horizontes coesos (adensados); na mineralogia da fração argila predomina a caulinita, com percentagens entre 70 e 90 %.

Os Argissolos Amarelos distinguem-se dos Latossolos Amarelos pelo gradiente textural mais alto nos Argissolos, indicando que nestes há maior concentração de argila no horizonte Bt, muitas vezes com mudança textural abrupta; quimicamente são semelhantes entre si, ou seja, são ácidos a fortemente ácidos, com predomínio de solos álicos. As maiores extensões dos Argissolos Amarelos encontram-se nos Tabuleiros Costeiros, sobretudo nos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Jacomine 1996). Os quadros 2 e 3 mostram resultados analíticos de solos representativos dessa Grande Unidade de Paisagem.

Quadro 1. Correspondência aproximada entre SiBCS, WRB/FAO e Soil Taxonomy para Classes de Solos.

SiBCS	WRB/FAO	Soil Taxonomy
Latossolos	Ferralsols	Oxisols
Argissolos	Acrisols	Ultisols
	Lixisols	Oxisols (Kandic)
	Alisols	
Neossolos quartzarênicos	Arenosols	Entisols (Quartzipsamments)
Espodossolos	Podzols	Spodosols
Plintossolos	Plinthosols	Alfisols (Plintaqualfs), Ultisols (Plintaquults) e subgrupos Plinthic de várias classes de Oxisols, Ultisols, Alfisols, Entisols e Inceptisols

Fonte: (Embrapa 2013).

Quadro 2 – Resultados de análises físicas e químicas de Latossolo Amarelo Distrocoeso representativo dos Tabuleiros Costeiros*.

Análises Físicas													
Hori- zonte	Espessura (m)	Composição granulométrica (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em H ₂ O (g kg ⁻¹)	Grau de flocula- ção (%)	Silte/ Argila	Densidade do solo (kg dm ⁻³)				
		Areia grossa (2,0 - 0,2mm)	Areia fina (0,2 - 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (0,002mm)								
A	0-0,10	570	170	60	200	80	60	0,30	1,22				
AB	0,10-0,27	530	150	60	260	130	50	0,23	1,43				
BA	0,27-0,55	440	170	70	320	210	34	0,22	1,48				
Bw1	0,55-0,95	390	170	60	380	0	100	0,16	1,41				
Bw2	0,95-1,35	370	170	60	400	0	100	0,15	1,42				
Bw3	1,35-1,80+	330	140	60	470	0	100	0,13	1,41				
Análises químicas**													
Hori- zonte	Espessura (m)	pH 1:2,5		K	Ca+	Na	SB*	Al	H	T	V	m (%)	MO
		H ₂ O	KCl										
A	0-0,10	4,4	3,6	0,06	0,7	0,08	0,8	1,3	5,7	7,8	10	62	2,16
AB	0,10-0,27	4,5	3,6	0,02	0,2	0,03	0,3	1,5	5,2	7,0	4	83	0,79
BA	0,27-0,55	4,4	3,8	0,01	0,1	0,01	0,1	1,1	3,0	4,2	2	92	0,71
Bw1	0,55-0,95	4,7	4,0	0,01	0,1	0,01	0,1	0,9	2,2	3,2	3	90	0,28
Bw2	0,95-1,35	4,8	4,0	0,01	0,1	0,01	0,1	0,6	1,7	2,4	4	86	0,12
Bw3	1,35-1,80+	4,9	4,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,6	1,6	2,3	4	86	0,10

* Fonte: Jacomine (1996);
**SB = soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio;
MO = matéria orgânica.

Quadro 3 – Resultados de análises físicas e químicas de Argissolo Amarelo Distrocoeso representativo dos Tabuleiros Costeiros*.

Análises físicas													
Hori- zonte	Espessura (m)	Composição granulométrica (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em H ₂ O (g kg ⁻¹)	Grau de flocula- ção (%)	Silte/ Argila	Densidade do solo (kg dm ⁻³)				
		Areia grossa (2,0 - 0,2mm)	Areia fina (0,2 - 0,05mm)	Silte (0,05 – 0,002mm)	Argila (0,002mm)								
Od	-3-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
A	0-0,10	810	60	20	110	40	64	0,18	1,35				
AB	0,10-0,20	520	120	50	310	200	35	0,16	1,45				
BA	0,20-0,55	390	110	50	450	160	64	0,11	1,61				
Bt1	0,55-1,00	390	100	30	480	240	50	0,06	1,46				
Bt2	1,00-1,70	340	90	20	550	0	100	0,04	1,20				
Bt3	1,70-2,70	370	100	80	450	0	100	0,18	-				
Análises químicas**													
Hori- zonte	Espessura (m)	pH 1:2,5		K	Ca+	Na	SB*	Al	H	T	V	m (%)	MO
		H ₂ O	KCl										
Od	-3-0	4,2	3,5	0,32	8,8	0,14	9,3	0,8	27,1	37,2	25	8	20,55
A	0-0,10	3,8	3,2	0,07	1,0	0,04	1,1	0,9	5,1	7,1	15	45	2,65
AB	0,10-0,20	3,9	3,6	0,04	0,5	0,05	0,6	1,4	3,1	5,1	12	70	1,40
BA	0,20-0,55	4,3	3,8	0,03	0,6	0,05	0,7	1,3	2,3	4,3	16	65	0,88
Bt1	0,55-1,00	4,6	3,8	0,02	1,1	0,04	1,2	0,7	1,9	3,8	32	37	0,69
Bt2	1,00-1,70	4,8	3,9	0,01	0,9	0,06	1,0	0,6	1,4	3,0	33	38	0,52
Bt3	1,70-2,70	4,6	3,9	0,05	0,5	0,04	0,6	0,6	1,4	2,6	23	50	0,45

* Fonte: Jacomine (1996);
**SB = soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; MO = matéria orgânica.

3. HORIZONTES COESOS (ADENSADOS)

O termo coeso, com significado de tenaz, tem sido empregado para distinguir horizontes minerais subsuperficiais do solo, adensados, que se apresentam duros, muitos duros ou até extremamente duros quando secos e friáveis quando úmidos. A figura 5 mostra a variação da resistência do solo à penetração em função da umidade, em Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico de Tabuleiro Costeiro sob floresta secundária, em Cruz das Almas, Bahia (Giarola et al. 2001). Nota-se grande aumento da resistência no horizonte coeso (B) em função da redução da umidade, ao contrário do verificado no horizonte não coeso (A); nota-se também a umidade em que a resistência atingiu o limite crítico ($L_c = 2,0$ MPa) para o crescimento radicular no horizonte coeso.

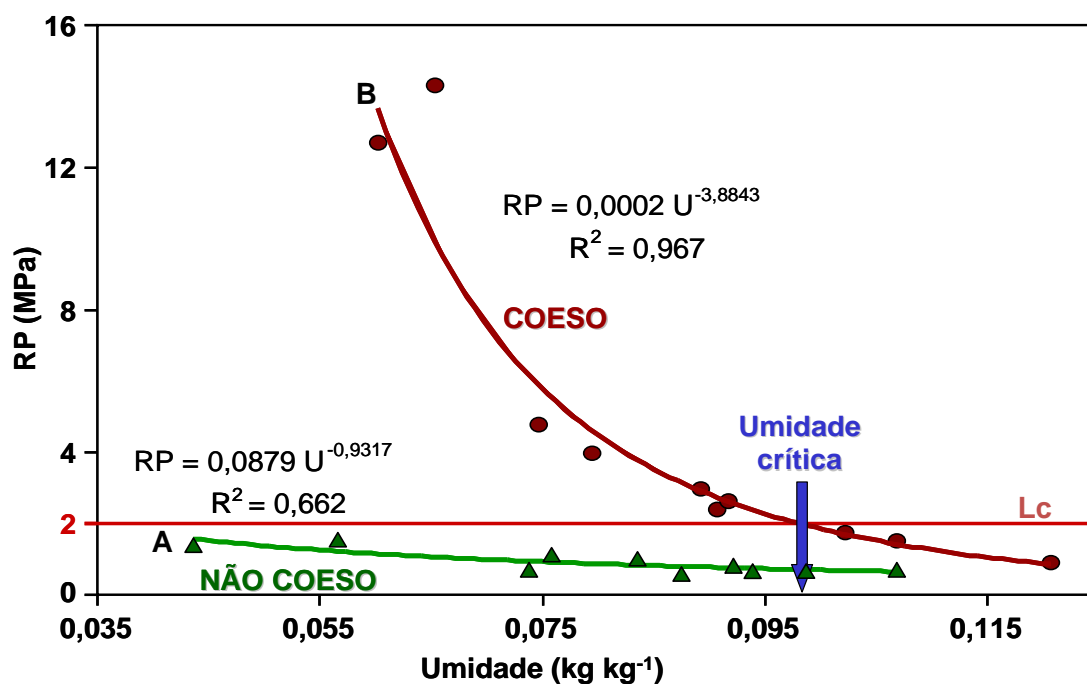


Figura 5 – Curvas de resistência do solo à penetração (RP) em função da umidade, de horizonte superficial não coeso (A) e horizonte subsuperficial coeso (B) de Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico de Tabuleiro Costeiro sob floresta secundária, em Cruz das Almas, Bahia (Giarola et al. 2001). (L_c – Limite crítico para o crescimento das raízes).

Tais horizontes não exibem agregados, salvo alguns relacionados com a atividade biológica - na verdade, o horizonte todo é um único e gigantesco agregado, pois não mostra planos de clivagem, apresentando, do ponto de vista pedológico, estrutura maciça que se quebra em fragmentos angulosos (Rezende et al. 2002). “A variação da consistência desses solos, de dura (ou tenaz) quando secos a friável quando úmidos, é uma característica relevante, pois sugere que as práticas de manejo devem contribuir para conservar a umidade

do solo não apenas como fator de produtividade, mas como benefício à menor resistência física à penetração de raízes” (Souza et al. 2002).

A formação desses horizontes ainda é assunto polêmico, podendo estar associada a vários processos, tais como: a) as baixas quantidades de óxidos de ferro (goethita) e de alumínio (gibbsita) e a presença de ciclos de umedecimento e secagem, tanto nos Latossolos Amarelos como nos Argissolos Amarelos, favorecem os ajustes face a face da caulinita - aluminossilicato predominante na fração argila destes solos, sendo este mineral o principal responsável pelo endurecimento (coesão) do solo quando seco (Resende 1982); b) a participação de ácidos fúlvicos na degradação da estabilidade estrutural e, por consequência, nos parâmetros hídricos do solo, resulta na presença de lençol de água próximo à superfície do solo - o que daria condições para reações tipo ferrólise que poderiam dar início a degradação do plasma argiloso, liberando alumínio, ferro e, principalmente, sílica amorfa, todos eles contribuindo de alguma forma na formação dos horizontes coesos dos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos do Recôncavo Baiano (Ribeiro 1991); c) contribuição da areia fina, facilitando o arranjo mais compacto das partículas, o que promove aumento na compacidade relativa dos horizontes com maior resistência à penetração (Souza 1996); d) o baixo teor de Fe_2O_3 poderia explicar a gênese dos horizontes coesos, já que existe uma relação inversa entre o aumento do Fe_2O_3 (extraído por ataque sulfúrico), especialmente do ferro livre e o grau de coesão do solo, ou seja, os solos são tão mais coesos e endurecidos quanto menores os teores de Fe_2O_3 (Moreau et al. 2006). É provável que a maioria desses processos ocorra simultaneamente e que a intensidade com que os horizontes coesos são formadas esteja relacionada com as variações climáticas e morfopedológicas existentes nas diferentes unidades geoambientais que compõem os Tabuleiros Costeiros (Cintra et al. 1997; Ribeiro 1998).

4. DISTINÇÃO ENTRE COMPACTAÇÃO E ADENSAMENTO DO SOLO

A compactação resulta da compressão da massa do solo por ação antrópica (tráfego de máquinas agrícolas, pisoteio de animais, etc.); adensamento — caso dos horizontes coesos — resulta da ação de fatores naturais ou pedogenéticos, tais como expansão e contração da massa do solo, argiluviação, cimentação com sílica, etc.) (Grohmann, 1972). Para Idowu & Angadi (2013), “Um processo de compactação [e/ou adensamento] leva à diminuição da quantidade de poros grandes (macroporos) e médios (mesoporos) e, consequentemente, ao aumento

relativo de poros pequenos (microporos). Macroporos (poros grandes) são importantes para a aeração e drenagem do solo. Quando a chuva ocorre, a água entra no solo e tende a preencher todos os poros. Quando todos os poros são preenchidos com água, o solo está saturado. Se os poros grandes são deficientes no solo, o solo permanecerá saturado por um longo período de tempo, e isso pode ser prejudicial às raízes das plantas porque elas precisam de oxigênio para o crescimento. Além disso, em solo saturado, no qual a água não mais infiltrará, pode ocorrer um maior volume de escoamento e perda de solo por erosão. Com o aumento do escoamento superficial, produtos químicos aplicados como fertilizantes e herbicidas são lavados do campo, o que reduz a eficiência desses produtos químicos e contribui para a poluição ambiental.”

“Os poros intermediários (mesoporos) são importantes para a retenção de umidade a curto e longo prazo no solo. A água pode então ser facilmente usada pelas raízes das plantas durante vários dias após a precipitação ou os eventos de irrigação. A quantidade desses poros de tamanho médio em um solo determinará quanto tempo o solo pode fornecer água para as plantas entre a chuva ou os eventos de irrigação. Com a compactação [e/ou adensamento], os mesoporos são destruídos e a retenção de água do solo é afetada. Embora compactado o solo ainda pode conter água significativa, grande parte dessa água torna-se indisponível, pois é mantida muito forte nos poros menores”.

Para Bordin et al. (2005), citando Tersi e Rosa (1995), um grave problema encontrado em pomares cítricos refere-se à compactação do solo, que se dá devido ao tráfego excessivo representado pelo elevado número de operações como adubações, pulverizações e controle de plantas daninhas, que tendem a se agravar na colheita das variedades tardias que coincide com o período chuvoso, facilitando a compactação pela passagem das carretas e caminhões. Tais autores avaliaram a influência da escarificação sobre atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico típico de textura argilosa (localizado no município de Rolândia, Paraná, Brasil) e sobre a distribuição do sistema radicular do limão ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osb) sob copa de laranja ‘Pera’ (*Citrus sinensis* L. Osb). Foram abertas quatro trincheiras para cada tratamento (entrelinha escarificada e entrelinha não escarificada) avaliando-se distribuição das raízes na linha e entrelinha até à profundidade de 1,0 m pelo Sistema Integrado de Análise de Raízes e Cobertura do Solo (SIARCS 3.0). A porosidade total e a densidade do solo foram avaliadas em três profundidades (0,000-0,125; 0,125-0,250 e 0,250-0,375 m) em três posições: linha, centro da entrelinha e limite da copa na entrelinha. Três anos depois da escarificação, não se detectou alterações na densidade do solo e porosidade

total do solo nas entrelinhas do pomar, nem na quantidade de raízes, independentemente da profundidade e posição em relação à planta.

A presença dos horizontes coesos (adensados) no perfil do solo prejudica as relações entre drenagem, teor de água disponível, aeração, temperatura, penetração radicular e absorção de nutrientes com consequências negativas na produção agrícola (Rezende 2000). Além desses problemas associados à coesão, a acidez ativa e a trocável dos solos coesos dos tabuleiros aumentam ao longo do perfil (o pH varia de moderadamente ácido, na superfície, a fortemente ácido, na subsuperfície), constituindo também um inibidor químico do desenvolvimento radicular. As plantas cultivadas nesses solos, algumas vezes com irrigação suplementar, geralmente apresentam baixo vigor vegetativo, reduzida longevidade e baixas produções, comparativamente aos mesmos cultivos instalados em outras unidades de paisagem, devido, possivelmente, à relação solo-planta fortemente influenciada pela baixa disponibilidade de nutrientes, acidez elevada e pela estrutura peculiar dos horizontes coesos.

Diante da grande importância social e econômica dos solos coesos derivados de sedimentos da Formação Barreiras, e sua extensa área ocupada no Nordeste brasileiro, Lima et al. (2004) procurou identificar a presença de solos coesos nos Tabuleiros Costeiros do Estado do Ceará por meio de análises, morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Constataram a presença desses solos e a semelhança deles com solos coesos estudados em outros estados brasileiros. A resistência à penetração foi o indicador mais sensível da coesividade do solo.

Silva e Cabeda (2005) avaliaram os efeitos de diferentes sistemas de manejo na tensão de cisalhamento, ângulo de atrito interno e coesão em um Argissolo Amarelo Coeso com diferentes teores de Fe, Al e Si, cultivado com cana-de-açúcar. Constataram que os atributos relacionados com o cisalhamento foram influenciados pelos sistemas de uso e manejo; no solo em condições de sequeiro e irrigado, a maior coesão e o maior ângulo de atrito interno promoveram maior resistência ao cisalhamento em relação ao mesmo solo sob mata; a coesão do solo aumentou com a redução do teor de água do solo e com o aumento dos teores de óxidos de ferro, silício e alumínio.

Santana et al. (2006), procurando identificar a presença de horizontes coesos, avaliaram o crescimento radicular dos citros e atributos físicos de Latossolo Amarelo e Argissolo Acinzentado típicos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia, Brasil. Verificaram que houve diminuição da densidade de raízes nos horizontes AB, Bw1, BA e Bt1; dentre os atributos físicos dos solos avaliados (granulometria, resistência à penetração,

condutividade hidráulica e densidade do solo), destacou-se a resistência à penetração como o melhor indicador da presença dos horizontes coesos.

Silva e Carvalho (2007) avaliaram o comportamento físico de horizontes coesos e não coesos de Latossolo Amarelo dos Tabuleiros. Verificaram que a coesão e a resistência do solo à penetração aumentaram com a redução do teor de água no solo, e que os horizontes coesos apresentaram maiores valores de densidade do solo e microporosidade quando comparados aos horizontes não coesos da área avaliada.

Souza et al. (2008) avaliaram a distribuição das raízes de laranjeira ‘Hamlin’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, com 15 anos de idade, em uma topossequência de tabuleiro de Sapeaçu, Bahia, composta por Latossolo Amarelo argissólico (LAx, terço superior da encosta), Argissolo Amarelo (PAX, terço médio), ambos coesos e Argissolo Acinzentado (PAC, terço inferior) não coeso e bem mais arenoso ao longo do perfil do que os demais solos (Figura 6). Verificaram que as raízes das plantas apresentaram grande sensibilidade à coesão do solo, sendo a densidade de raízes 3,1 e 4,1 vezes maior no solo PAC, não coeso. A densidade de raízes encontradas nos horizontes superficiais do LAx e do PAX foi próxima daquela do horizonte mais profundo do PAC. A profundidade efetiva do sistema radicular, até onde se encontravam 80 % das raízes, foi maior no PAC, não coeso, e a distância efetiva do sistema radicular até onde se encontravam 80 % das raízes, a partir do tronco, foi maior no PAX, coeso – o solo que apresentou a menor profundidade efetiva. Esses resultados quantificam e confirmam a influência negativa da coesão do solo no crescimento e no aprofundamento do sistema radicular de citros.

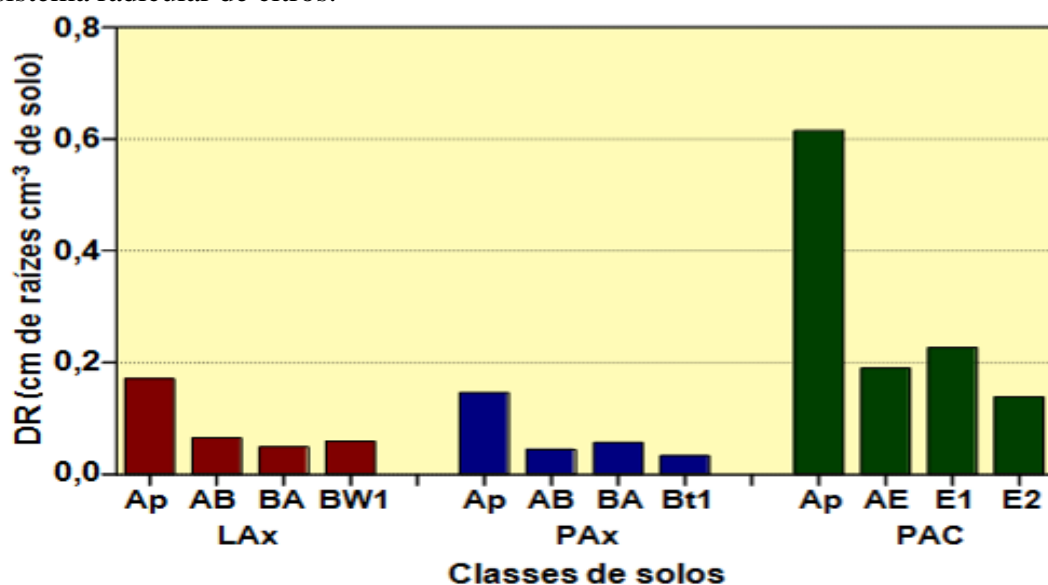


Figura 6 – Densidade de raízes de laranjeira ‘Hamlin’ enxertada em limão ‘Cravo’, em uma topossequência de solos de tabuleiro cultivada com citros, constituída por Latossolo Amarelo Distrocoeso (LAX), Argissolo Amarelo Distrocoeso (PAX) e Argissolo Acinzentado (PAC) não coeso (Souza et al. 2008).

Para Rezende et al. (2002), o pouco aprofundamento das raízes de citros em solos coesos deve-se à elevada resistência desses solos à penetração e à extirpação da raiz pivotante por ocasião do preparo das mudas; Souza et al. (2008) mostraram, entretanto, que em Argissolo Acinzentado não coeso, onde foram plantadas mudas, não houve problemas de crescimento e aprofundamento das raízes. Tais estudos não são antagônicos entre si, porém indicam a necessidade de mais pesquisa sobre crescimento radicular dos citros.

Corrêa et al. (2008) avaliaram os possíveis mecanismos físicos e/ou mineralógicos responsáveis pela coesão e formação de fragipãs de solos vermelhos, amarelos e acinzentados coesos em toposequências na região dos Tabuleiros Costeiros brasileiros, desenvolvidos a partir de sedimentos do Grupo Barreiras ou de rochas gnáissicas do Pré-Cambriano. Para isso, analisaram a relação argila fina/argila grossa, superfícies específicas (por BET-N₂ e adsorção de vapor de água), susceptibilidade magnética e constituintes do solo mediante microscopia eletrônica de varredura e micromorfologia em lâminas delgadas. Os resultados das análises físicas e micromorfológica indicaram que a gênese dos horizontes coesos deve-se ao maior conteúdo de argilas muito finas, principalmente menores que 0,2 µm, translocadas como argila dispersa entre horizontes ou dentro do mesmo horizonte. A maior coesão observada para o Argissolo Amarelo localizado em clima mais seco, em relação àqueles em clima mais úmido, pode ser devido à sua granulometria menos argilosa e à maior quantidade de feições de iluviação de argila.

Vieira et al. (2012) descreveram e caracterizaram morfológica, física e quimicamente quatro perfis de solos – um Argissolo não coeso, dois Argissolos Amarelos coesos e um Argissolo Acinzentado coeso. Verificaram que o Argissolo Acinzentado, situado na posição mais baixa da paisagem, apresentou a maior expressão do caráter coeso - o que implica a influência do relevo na formação desse horizonte; apesar dos baixos teores de argila e do destorroamento quando da análise, os solos avaliados reapresentaram alta resistência mecânica à penetração após três ciclos de umedecimento e secagem; após a extração de material amorfo, essa resistência diminuiu nos horizontes coesos de dois dos solos estudados (Argissolo Amarelo e Argissolo Acinzentado), sugerindo que tais materiais também contribuem para a formação desses horizontes.

5. MANEJO DOS SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS

Estima-se que, no Brasil, as áreas de tabuleiros abrangem 20 milhões de hectares, sendo que nove a dez milhões encontram-se na Região Nordeste, constituindo a principal base de sustentação agrícola dos estados e capitais da costa oriental do Brasil. Tais áreas são predominantemente úmidas, com precipitações pluviiais médias anuais variando de 1 500 a 3 000 mm na Amazônia; de 1 000 a 2 300 mm no litoral; 900 a 1 000 mm na região do médio Jequitinhonha, em Minas Gerais; de 400 a 600 mm nos Sertões de Pernambuco, Bahia e Piauí. Na Bahia, a temperatura média anual varia de 23 a 24 °C, no litoral, e de 24 a 26 °C, nas regiões mais secas. As espécies vegetais, temporárias e perenes, cultivadas nos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros, algumas vezes com irrigação suplementar, geralmente apresentam baixo vigor vegetativo, reduzida longevidade e baixas produções, comparativamente aos mesmos cultivos instalados em outras unidades de paisagem, devido a uma relação solo-planta fortemente influenciada pela baixa disponibilidade de nutrientes, acidez elevada e pela estrutura peculiar dos horizontes coesos.

Historicamente, esses problemas foram subestimados em virtude da paisagem aparentemente favorável ao uso agrícola, representada pelo relevo plano a suave ondulado, solos profundos e climas. Apesar dessas limitações agrícolas, os Tabuleiros Costeiros têm revelado grande capacidade atual e potencial para a produção de alimentos, principalmente fruticultura (laranja, limão, mamão, graviola, banana, abacaxi, maracujá, acerola, goiaba, coco etc.), matéria-prima para a indústria e biocombustíveis. São notáveis os exemplos de êxitos de empreendimentos agrícolas localizados nesse ecossistema, devido, entre outras causas, ao consciente e adequado manejo que os produtores dispensam a suas terras.

Para Souza (2002), qualquer interferência no uso e manejo desses solos passa necessariamente pelas seguintes ações:

a) melhoria do crescimento radicular das plantas em profundidade, buscando aumentar a superfície de absorção de nutrientes, água e ar pelas plantas – neste caso, para minimizar os efeitos das frequentes estiagens;

b) melhoria da dinâmica e do armazenamento de água no perfil, a fim de minimizar os constantes déficits hídricos a que estão sujeitas as culturas cultivadas em tais solos, devido ao regime hídrico a que estão submetidos – basicamente deve ser superado o impedimento que os horizontes coesos impõem à dinâmica da água no perfil;

c) melhoria das propriedades químicas do solo por meio da calagem, gessagem e adubação, visando à diminuição da saturação por alumínio e o aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas.

6. PREPARO DO SOLO

O preparo do solo é feito para proporcionar condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando bem planejado, melhora a estrutura do solo, com reflexos positivos nos fluxos de ar, água e nutrientes ao longo do perfil, além de reduzir a resistência do solo à penetração radicular e estimular a atividade microbiana. Há três métodos usualmente utilizados no preparo dos solos agrícolas: a) revolvimento total das áreas destinadas ao plantio por meio de arado + grade niveladora (ou utilizando-se grade pesada - que faz as duas operações simultaneamente); b) uso de escarificadores; e c) uso de subsoladores. Lanças (2002), explica que “as diferenças entre escarificador e subsolador são conceituais e funcionais: o primeiro tem a função básica de preparar o solo e romper camadas compactadas e/ou adensadas a uma profundidade de trabalho de até 35 cm; o segundo destina-se ao rompimento de camadas compactadas e/ou adensadas a uma profundidade de trabalho superior a 35 cm. Para o autor, o escarificador e o subsolador têm como princípio o rompimento do solo por propagação de trincas: as hastes são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para frente, para cima e para os lados - é o chamado rompimento tridimensional do solo em blocos. Nesse caso, o solo não é cortado como na aração e ou gradagem e sim rompido nas suas linhas de fratura ou através das interfaces de seus agregados. Esse tipo de mobilização é menos agressivo do que aqueles nos quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, destruindo sua estrutura original”.

Segundo Silveira (2002), a grade pesada (também conhecida como grade aradora) normalmente trabalha o solo a pouca profundidade, incorporando os resíduos orgânicos e plantas invasoras superficialmente. A profundidade de penetração desse implemento no solo depende do seu peso, do diâmetro dos discos e do ângulo formado com a linha de tração do trator, além do teor de água no solo. Seu uso contínuo, cortando raso o solo, pode promover a formação de camadas compactadas, que dificultam a penetração da água e das raízes das plantas.

Rezende et al. (2002) avaliaram a influência da subsolagem na estrutura de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiros Costeiros e as consequências na resistência

mecânica desse solo à penetração, crescimento radicular e na produtividade de pomar de tangor ‘Murcott’ originário de mudas (Figuras 7 e 8). Para isso, testaram cinco tratamentos de preparo do solo, idealizados para provocar distúrbios crescentes na zona radicular das plantas: T1- aração + gradagem (convencional), a 0,25 m; T2 - subsolagem com uma haste nas linhas de plantio; T3 - subsolagem cruzada, com uma haste, nas linhas de plantio; T4 - subsolagem com três hastes nas linhas de plantio; T5 - subsolagem cruzada, com três hastes, nas linhas de plantio). Todos os tratamentos de subsolagem foram programados para o limite máximo de alcance das hastes subsoladoras (0,5 m), entretanto, essa profundidade não foi rigorosamente atingida.

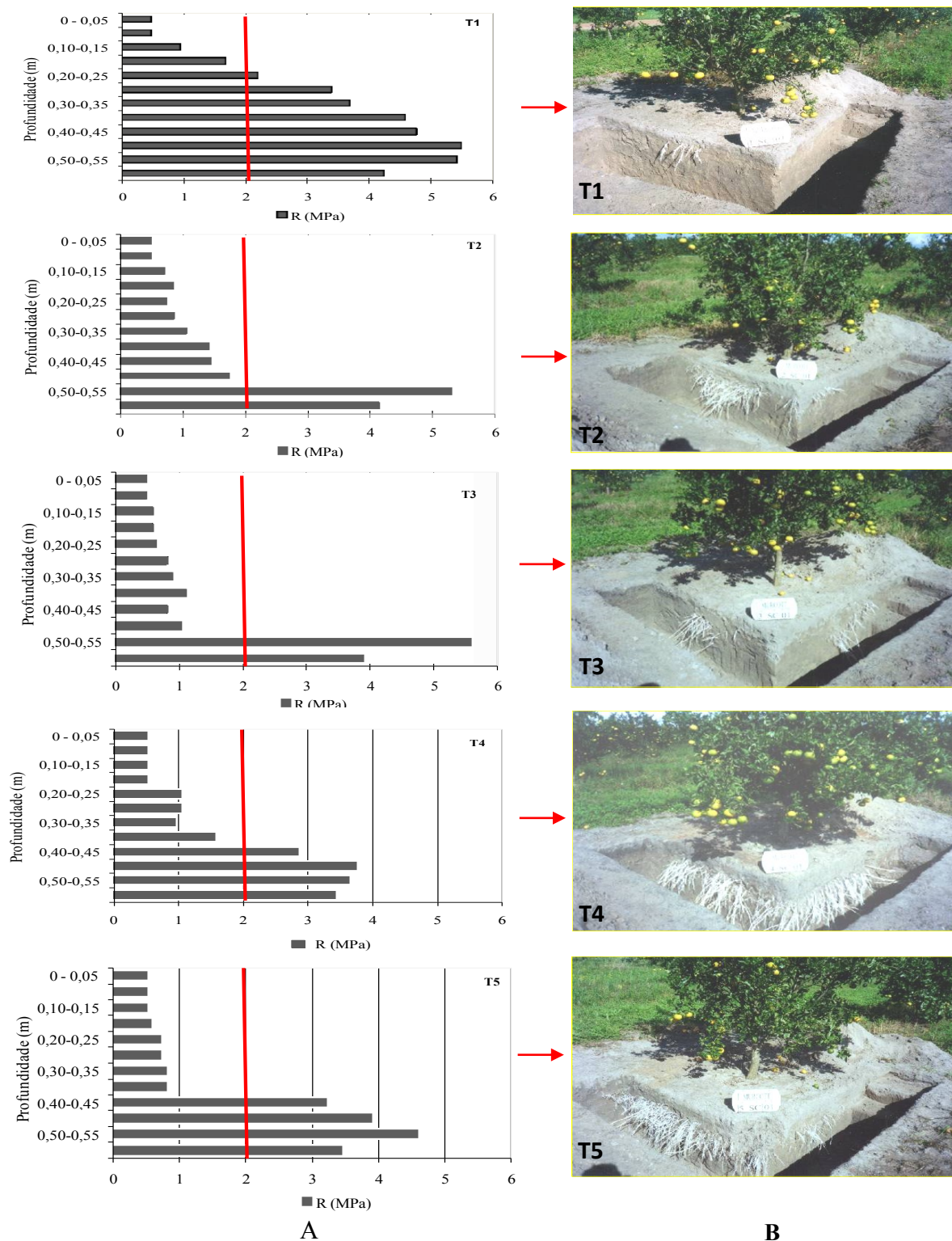


Figura 7 – Efeito do preparo do solo (T1- aração + gradagem, 0,25 cm de profundidade; T2 - subsolagem com uma haste nas linhas de plantio; T3 - subsolagem cruzada, com uma haste, nas linhas de plantio; T4 - subsolagem com três hastes nas linhas de plantio; T5 - subsolagem cruzada, com três hastes, nas linhas de plantio) na resistência mecânica do solo à penetração (A) e consequências no crescimento radicular de tangeror ‘Murcott’ (B), em Latossolo Amarelo Distrocoeso do Estado da Bahia, Brasil (Rezende et al. 2002). Nota-se que as subsolagens feitas com uma haste subsoladora atingiram a profundidade limite de 0,45 a 0,50 m; naquelas feitas com três hastes, a profundidade limite foi de 0,35 a 0,40 m.

A figura 7 mostra que os os distúrbios provocados pela subsolagem resultaram nos seguintes benefícios: menor resistência mecânica do solo à penetração - no volume de terra atingido pelas hastes subsoladoras, os valores de resistência foram menores do que 2,0 MPa, considerado limite crítico (destacado em vermelho) ao desenvolvimento radicular; maior crescimento radicular das plantas avaliado por meio de escavação do perfil do solo, e fotografado.

A figura 8 mostra o efeito desses mesmos tratamentos de preparo do solo na produtividade do pomar (Brandão 2005). Percebe-se que os tratamentos 4 e 5 proporcionaram as maiores produtividades, sem diferenças significativas entre ambos. A variação percentual do peso total de frutos por hectare foi a seguinte: T1=100 (referencial), T2=140, T3=141, T4=183, T5=174.

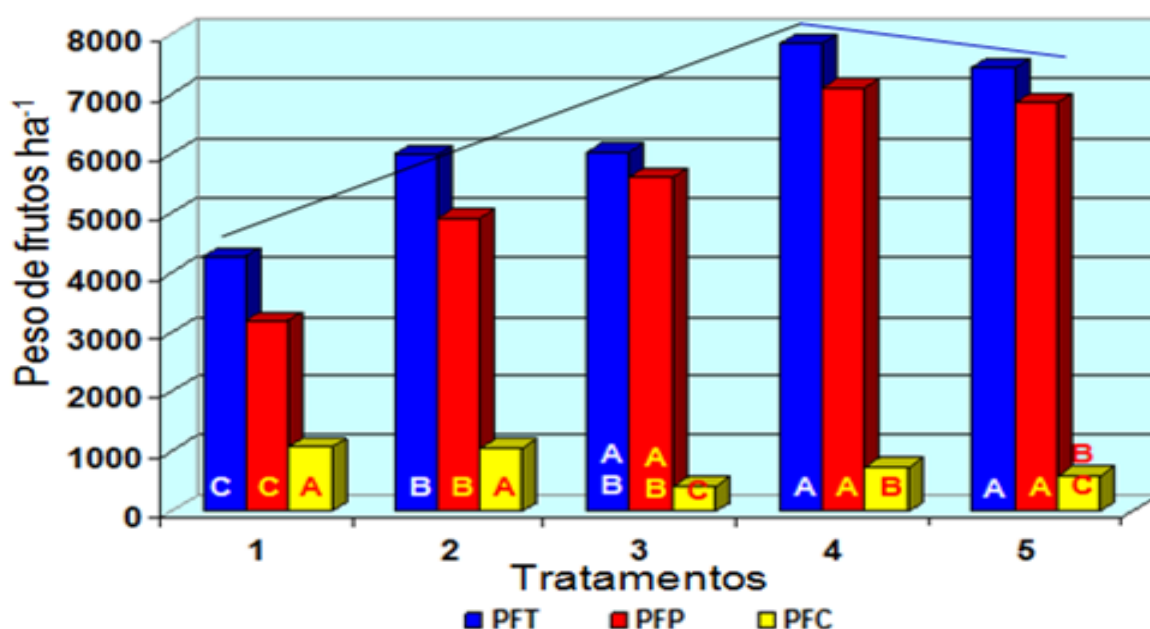


Figura 8. Efeito do preparo do solo (T1- aração + gradagem, 0,25 m de profundidade; T2 - subsolagem com uma haste nas linhas de plantio; T3 - subsolagem cruzada, com uma haste, nas linhas de plantio; T4 - subsolagem com três hastes nas linhas de plantio; T5 - subsolagem cruzada, com três hastes, nas linhas de plantio) na produtividade de pomar de tanger 'Murcott [PFT (peso de frutos total) = PFP (peso de frutos no pé) + PFC (peso de frutos caídos antes da colheita)] (Brandão 2005). As maiores produtividades foram alcançadas com maiores distúrbio do solo.

Bodrin et al. (2008), avaliaram a influência da escarificação no crescimento de adubos verdes, no desempenho das árvores e em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distroférrico, num pomar cítrico com histórico de compactação. Foi realizada uma escarificação à profundidade de 0,30 m, seguida por três tipos de plantas de cobertura: vegetação espontânea, guandu (*Cajanus cajan*) e milheto (*Pennisetum americanum*). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente aleatorizado, num fatorial 2 x 3 (escarificado e não-escarificado e três plantas de cobertura do solo). Para as coberturas do

solo, foi avaliada a fitomassa da parte aérea e abertas trincheiras para avaliação do crescimento das raízes. As plantas cítricas foram avaliadas com relação a seu crescimento e produção. Os atributos físicos do solo foram determinados em três locais (copa, rodado e entrelinha) e quatro profundidades (0–0,1; 0,1–0,2; 0,2–0,3; e 0,3–0,4 m). A fitomassa da parte aérea do guandu e a do milho aumentaram com a escarificação do solo. O crescimento do sistema radicular do milho foi maior do que o do guandu no manejo escarificado e igual ao deste no manejo não-escarificado. O crescimento e a produção das plantas cítricas não foram influenciados pelos tratamentos. Houve aumento da macroporosidade do solo e redução da densidade e da resistência do solo à penetração com a escarificação do solo.

Minatel et al. (2006) avaliaram o efeito da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico típico, cultivado com citros laranja Valência ('Valência Late'). Os tratamentos empregados foram: manejo mecânico das plantas invasoras com roçadora (Testemunha); subsolagem em um lado da planta, entre as copas; subsolagem nos dois lados da planta, entre copas, e semeadura direta de *Crotalaria spectabilis* entre as copas. As propriedades físicas do solo avaliadas foram: porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade, resistência mecânica à penetração vertical e condutividade hidráulica. Obtiveram-se os maiores valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração vertical, e os menores valores de macroporos e condutividade hidráulica do solo, nas entre copas com e sem tráfego no pomar, em relação à região da copa, principalmente na camada de 0,0-0,2 m de profundidade. Os tratamentos aplicados não surtiram efeitos positivos significativos nas propriedades físicas do solo.

Para Blanski et al. (2008), a resistência do solo à penetração (RP) é uma das propriedades físicas que frequentemente impõe restrições ao crescimento das raízes das plantas. A RP varia positivamente com a densidade do solo (D_s) e negativamente com o conteúdo de água do solo (θ), e a descrição matemática das relações da RP com D_s e θ estabelece a curva de resistência do solo à penetração (CRS). Assim, quantificaram a CRS em um Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo a fim de utilizá-la na descrição da degradação física do solo. Para isso, selecionaram quatro áreas: (a) solo sob mata nativa; (b) solo sob pastagem cultivada com *Brachiaria humidicola* por mais de 20 anos; (c) solo de uma área cultivada com citros por mais de 10 anos, e (d) solo cultivado com culturas anuais por mais de 15 anos. Em cada sistema de uso e manejo, foram coletadas 48 amostras indeformadas de solo no centro da camada de 0–0,10 m de profundidade. Conjuntos de 16 amostras (quatro amostras por tratamento) foram submetidos aos potenciais matriciais (Ψ) de -10 a -15.000 hPa. Nessas amostras, determinaram-se a RP, D_s e θ . A CRS

foi ajustada por um modelo não-linear ($RP = a Dsb \theta c$), no qual a , b e c são coeficientes de ajuste do modelo. O modelo ajustado explicou acima de 83 % da variabilidade da RP em todos os sistemas de uso e manejo. Em solo compactado, para a manutenção da RP em valores não-impeditivos às plantas ($RP < 2,0$ MPa), é necessário manter maiores valores de θ . Nos solos cultivados com citros e culturas anuais, verificaram-se valores excessivamente elevados de RP em θ equivalente à capacidade de campo ($\Psi = -100$ hPa), indicando maior degradação da qualidade física do solo.

Melo Filho et al. (2009) avaliaram a qualidade física e química de um Latossolo Amarelo Coeso cultivado com citros. O estudo foi realizado na região do Recôncavo Baiano, em um pomar comercial de laranja “Pera” (*Citrus sinensis* L. Osb.) enxertada em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* L. Osb.). Para a determinação do índice de qualidade do solo (IQS), utilizaram o método proposto por Karlen & Stott (1994). Esse método estabelece que um solo apresenta limitações quando os valores do IQS são menores que 1,00, sendo 0,50 o limite crítico entre a boa e a má qualidade. Com base nesses limites, Melo Filho e colaboradores consideraram a seguinte classificação, proposta por Souza (2005): $IQS \leq 0,50$ = ruim; $0,50 < IQS \leq 0,70$ = regular; $0,70 < IQS \leq 1,00$ = ótima. Para essa avaliação, as amostras do solo foram coletadas em duas camadas: 0,00 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. Os resultados mostraram que o Latossolo Amarelo Coeso sob manejo tradicional para a cultura de citros apresentou índice de qualidade regular, com limitações determinadas pela elevada resistência do solo à penetração, baixa permeabilidade à água e baixo teor de matéria orgânica, o que resulta em limitações para permitir o crescimento e o aprofundamento do sistema radicular e prover o fornecimento e a disponibilidade de água para as plantas cítricas.

Polímeros solúveis em água caracterizam-se como eficientes agentes flocculantes relacionados com os seus aspectos moleculares, cuja aplicação em solos com horizontes que apresentam problemas estruturais, como acontece com o caráter coeso, favorece a melhoria da qualidade física e, assim, amplia a aptidão agrícola desses solos. Maranhão de Melo et al. (2014) avaliaram a qualidade estrutural de solos com horizontes coesos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Pernambuco (Brasil) com a aplicação de Poliacrilamida (PAM) como condicionador químico. Para isso, foram avaliados três horizontes (um coeso e dois não coesos) de um Argissolo Amarelo e, para fins comparativos de horizontes coesos, foi selecionado o horizonte de um Latossolo Amarelo. Como tratamentos, foram aplicadas soluções aquosas de PAM (12,5; 50,0; e 100,0 mg kg⁻¹) e água destilada (controle). Os aspectos estruturais dos horizontes foram avaliados pela estabilidade (massa de solo retida em cinco classes de diâmetro), distribuição de agregados por classe de tamanho (diâmetro médio

ponderado - DMP, diâmetro médio geométrico - DMG) e magnitude das alterações promovidas pela PAM, medindo o índice de sensibilidade - Is (Índice de sensibilidade = valor do DMG de cada horizontes submetidos à cada solução de PAM dividido pelo valor do DMG de cada horizonte submetido ao tratamento controle). As soluções aquosas de PAM aumentaram a estabilidade de agregados na maior classe de diâmetro avaliada dos horizontes coesos e não coesos, repercutindo em maiores valores de DMP e DMG, com a solução de 100 mg kg⁻¹ mais eficiente. O horizonte coeso Bt1, do Argissolo, evidenciou-se mais sensível à ação da PAM, onde foram encontrados maiores valores do Is; porém, o horizonte BA, do Latossolo, apresentou melhor qualidade estrutural inferida pela estabilidade e distribuição de tamanho de agregados.

Zuffo et al. (2013) avaliaram os efeitos de cinco sistemas de preparo do solo nos atributos físicos de um Argissolo Amarelo Coeso (localizado no Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil) e consequências no número de frutos do mamoeiro (*Carica papaya* L.). O experimento foi realizado em campo por 260 dias, em área anteriormente utilizada com pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, nunca corrigida ou fertilizada, irrigada por sistema de aspersão de baixa pressão. Testaram os seguintes tratamentos: grade aradora (duas vezes) + niveladora + camalhão sobre a linha, confeccionado 135 dias após o transplântio (GA com CAM); grade aradora (duas vezes) + niveladora (GA sem CAM); subsolador florestal (SF); grade aradora (duas vezes) + niveladora + escarificação com três hastes sobre a linha de plantio (GA + ELP); e grade aradora (duas vezes) + niveladora + escarificação com três hastes em área total (GA + EAT). Todos os preparos receberam sulcamento mecanizado, visando ao plantio do mamoeiro. Instalados os tratamentos, foram feitas as seguintes avaliações: resistência mecânica do solo à penetração (RP), umidade do solo, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), densidade do solo (DS), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e número de frutos por planta. O subsolador apresentou-se mais efetivo na diminuição da RP até 0,35 m de distância da planta, no sentido transversal à linha de plantio. O escarificador resultou em RP menor que GA ou SF, mesmo a 0,40 m de profundidade, e foi mais eficiente em maiores distâncias transversalmente à planta. Todos os preparos produziram RP entre 2,0 e 3,0 MPa na profundidade de maior concentração de raízes do mamoeiro (0-0,25 m), fornecendo boas condições físicas até essa profundidade. Não houve diferença estatística entre os tratamentos para DS, Ma, Mi, DMP e DMG, a 0,20 m de profundidade. A grade aradora alterou os atributos físicos do solo em maior intensidade nessa mesma profundidade. O uso da escarificação e do preparo reduzido com subsolador florestal ou a confecção do camalhão não melhorou o ambiente radicular, em

relação a seus atributos físicos. O uso de preparo reduzido com subsolador florestal produziu menor número de frutos por planta do que todos os outros tratamentos, os quais não diferiram entre si.

Para Medeiros et al. (2013), as práticas de manejo do solo que aumentam a profundidade do sistema radicular das plantas de citros são importantes para a longevidade e manutenção da produtividade da cultura, principalmente em regiões que apresentam períodos de estiagem, mesmo em áreas onde foi realizada a subsolagem convencional a 30-40 cm de profundidade para implantação do pomar. Tais autores avaliaram a eficiência da subsolagem sobre as propriedades físico-hídricas de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e o rendimento de frutos de um pomar de citros aos 14 anos de idade, em Piracicaba, São Paulo, Brasil. Os tratamentos consistiram em: sem subsolagem (sem mobilização do solo, após a implantação do pomar); subsolagem em um lado das plantas (Sub. 1); e subsolagem em ambos os lados das plantas (Sub. 2). A subsolagem foi realizada a 1,5 m da linha de plantio (em um ou nos dois lados da linha), a 0,8 m de profundidade. Amostras de solo deformadas e indeformadas foram coletadas 120 dias após a aplicação dos tratamentos, em quatro profundidades, para determinação dos atributos físicos e hídricos do solo. O rendimento dos frutos foi avaliado 150 dias após a subsolagem. A subsolagem realizada nas entrelinhas das plantas do pomar de citros modificou as propriedades físicas e hídricas do solo, refletindo em aumento da macroporosidade e condutividade hidráulica não saturada e redução da densidade do solo, do grau de compactação e da resistência à penetração. As melhorias nas propriedades físicas e hídricas do solo ocasionaram aumento no número e rendimento de frutos do pomar de citros.

Barbosa et al. (2014) avaliaram os efeitos de sistemas de preparo do solo no desenvolvimento do sistema radicular da laranja laranjeira ‘Valência’ enxertada em citrumelo ‘Swingle’, com três anos de idade, em um Latossolo Vermelho argiloso, localizado em gleba de topografia plana da Região de Avaré, Sul do Estado de São Paulo, Brasil. Os tratamentos de preparo do solo foram: a) preparo reduzido, isto é, aração em área total com grade aradora a 0,2 m de profundidade + escarificação das linhas de plantio a 0,3 m; b) subsolagem a 0,5 m de profundidade + aração em área total por meio de grade aradora a 0,2 m + escarificação das linhas de plantio a 0,3 m; e c) tríplex operação (realização simultânea das práticas de adubação do sulco + subsolagem + construção do canteiro de plantio). O sistema radicular das plantas foi avaliado por meio de análise de imagens. A tríplex operação foi o sistema de preparo que promoveu maior desenvolvimento do sistema radicular do citros.

7. INSTALAÇÃO CONVENCIONAL DOS POMARES CÍTRICOS

Tal como ocorre com outros cultivos perenes similares, a instalação convencional do pomar cítrico compreende três etapas principais: sementeira, viveiro e local definitivo. O tempo decorrido da sementeira (primeira etapa) ao plantio no local definitivo do pomar (terceira etapa) é de 10 a 12 meses, e é dedicado ao preparo das mudas, seja em viveiros telados (Figura 9-A) ou em viveiros a céu aberto (Figura 9-B).



Figura 9 – As três etapas principais da instalação convencional do pomar cítrico, desde a formação das mudas até o plantio no local definitivo. (A) viveiro telado; (B) viveiro a céu aberto. Fotos: J. de O. Rezende.

Durante o processo de formação das mudas em viveiro a céu aberto, as plantas são submetidas a vários estresses/agressões inevitáveis:

Etapa 1 - Semeadura do porta-enxerto na sementeira – ambiente artificial onde as plantas perdem raízes quando da erradicação e transplantação para o viveiro (primeira agressão);

Etapa 2 – Plantio do porta-enxerto no viveiro – onde necessitará de tempo para ajustar-se ao novo ambiente, também artificial (segunda agressão);

Etapa 3 - Arranque das mudas para serem levadas para o local definitivo do pomar – quando as plantas, adaptadas ao ambiente do viveiro e com seu raizame devidamente ajustado

e expandido no solo, perdem novamente raízes (que ficam presas no terreno), principalmente as mais finas, responsáveis pela absorção de água e nutrientes (terceira agressão);

Etapa 4 - Transporte das mudas para o local definitivo do pomar – quando são submetidas a estresses provocados por choques, atritos, exposição das raízes ao calor, desidratação, etc. (quarta agressão);

Etapa 5 - Plantio no local definitivo do pomar - quando as mudas, lesionadas (podas de raízes e parte aérea) e estressadas, necessitam ajustar-se aos rigores do meio ambiente natural, particularmente às condições do solo (quinta agressão).

8. O PROBLEMA DA MUDA PRODUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Rezende et al. (2015), avaliaram, a intervalos de tempo preestabelecidos, o crescimento do sistema radicular dos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonea* Osbeck) e tangerineira ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* Hort. ex–Tan.) cultivados em tubetes de 5,0 cm de diâmetro x 19,0 cm de comprimento e em tubos longos de 10,0 cm de diâmetro x 150,0 cm de comprimento. Verificaram que, aos 48 dias após o plantio (ou 28 dias após a germinação), o comprimento máximo do sistema radicular das plantas não passava do comprimento dos tubetes onde foram semeadas, enquanto nos tubos longos as raízes continuaram crescendo. Isso se deveu à necrose do meristema apical das raízes quando, ao ultrapassarem o fundo do tubete, entraram em contato com a luz solar, paralisando, conseqüentemente, o crescimento do raizame — a parte escondida das plantas, que geralmente cresce em ambiente escuro.

Para Moreira (1995), “a muda cítrica é a pedra angular da citricultura; nela, quatro características são fundamentais: variedade porta-enxerto, variedade enxerto, conformação e vigor”. Quanto à conformação e ao vigor, deve apresentar alguns requisitos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, dentre os quais se encontram os seguintes: sistema radicular bem desenvolvido, sem raízes enoveladas, retorcidas ou quebradas, com a raiz principal direita e comprimento mínimo de 0,25 m (Coelho 1996). Analisando-se cuidadosamente tal exigência, chega-se à conclusão de que é impossível produzir plantas com tais características, seja em viveiros instalados no campo (a céu aberto) ou em viveiros telados, devido às lesões (cortes de raízes, podas, etc.) que sofrem durante o processo de formação das mudas.

Segundo Cutter (1986), “a coifa da raiz é aparentemente o local de percepção da gravidade. Parece ser ela capaz de controlar, no meristema apical (Figura 10-A, à direita, parte inferior), a produção de substâncias reguladoras do crescimento envolvidas no

geotropismo positivo, ou seja, no seu deslocamento para baixo. Ao se eliminar a coifa, deixando-se o resto da raiz intacta, não haverá prejuízo no crescimento, porém a raiz não mais reagirá ao estímulo da gravidade, crescendo aleatoriamente”. Subentende-se, pelas afirmações da autora, que ao se podar a raiz principal acima do meristema muda-se a arquitetura original do sistema radicular pivotante (Figura 10-B, à esquerda) - que normalmente cresce e se ramifica ao longo do perfil do solo aproveitando reservas de água, ar e nutrientes das camadas subsuperficiais, transformando-o em um sistema radicular fasciculado, formado por raízes adventícias (que brotam na base do caule) (Figura 10-B, à direita), superficiais, ficando as plantas mais vulneráveis às intempéries, especialmente em regiões mais secas, de solos adensados e de baixa fertilidade ao longo do perfil.

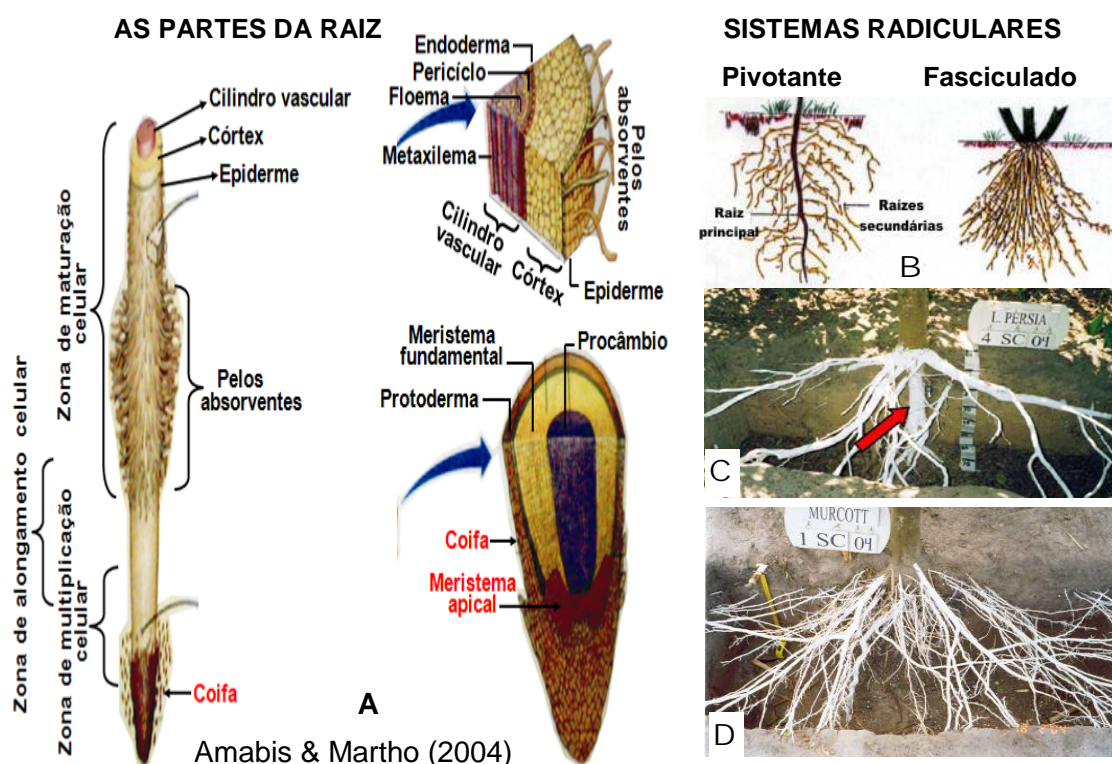


Figura 10 – (A) As partes da raiz; (B), sistemas radiculares: pivotante (à esquerda) e fasciculado (à direita); (C), planta cítrica originária do plantio do porta-enxerto no local definitivo do pomar, com raiz pivotante indicada pela seta; (D), planta cítrica resultante do plantio de mudas, com sistema radicular fasciculado devido ao corte da raiz pivotante. (C e D, fotos tiradas na Fazenda Lagoa do Coco, Município de Rio Real, Bahia, por J. de O. Rezende).

Atualmente, devido à ocorrência de pragas - a exemplo da Clorose Variegada dos Citros (CVC, ou Amarelinho) e Huanglongbing (HLB, ex-Greening), causadas pelas bactérias *Xylella fastidiosa* e *Candidatus liberibacter spp*, respectivamente, é obrigatório a produção de

mudas cítricas em ambiente protegido (viveiro telado) nos Estados de São Paulo, Sergipe e Bahia. De acordo com Sempionato et al. (1997), “para a obtenção de mudas *limpas* (isenta de pragas), deve-se levar em conta que porta-enxertos contaminados transmitem a doença ao enxerto sadio e borbulhas contaminadas originam mudas doentes. Por isso, a produção de cavaleiros e/ou mudas a campo, sem o devido controle dos vetores de patógenos, é indesejável; é fundamental que se obtenha material de propagação sadio e que se produzam mudas em ambiente protegido”.

Ainda que estruturados e bem manejados, os ambientes protegidos/artificiais (casas de vegetação e/ou viveiros telados), não passam de uma simplificação grosseira do sistema natural de produção agrícola solo-planta-clima: nesses ambientes, substitui-se o solo natural por um recipiente impermeável e intransponível contendo um volume de substrato artificial, fofo, no qual as raízes ficam confinadas, enoveladas e impedidas de se expandir. Além disso, o clima natural é substituído pelo clima artificial do ambiente, onde as plantas são submetidas a fertirrigações diárias e, por isso, não sofrem estresses hídricos nem de nutrição como sói acontecer no ambiente natural.

9. OUTROS MÉTODOS DE PLANTIO DE CITROS

O enxerto para a propagação vegetativa de plantas encontra-se dentre a mais antigas práticas hortícolas e ainda é amplamente utilizado para uma variedade de necessidades, sendo a sua utilização primária a propagação de plantas perenes. Moshe et al. (2011) desenvolveram uma nova técnica de enxertia que consiste em enxertar sementes de citros em porta-enxertos cítricos, em vez de gemas retiradas dos ramos das plantas. Enxertando sementes de seis cultivares e híbridos de citros em quatro porta-enxertos comuns, verificaram que houve conexões vasculares normais entre os tecidos do caule de plântulas emergentes e a planta do porta-enxerto. Verificaram, ainda, que as plantas produzidas por esse método foram estabelecidas no campo mais rapidamente do que as produzidas pela prática comum de enxertia. Segundo os autores, o enxerto de sementes deve encontrar uma variedade de usos em programas de melhoramento genético, por exemplo: a) redução do tempo necessário para a avaliação de mudas; b) no caso em que a progenitora é mono-embrionária; c) para testar a transmissão vertical de patógenos; e d) para rastreio da resistência a patógenos entre fontes de sementes híbridas e mutagenizadas.

O plantio direto - geralmente conhecido como plantio direto na palha, cultivo zero (*no-tillage*), cultivo reduzido, cultivo mínimo, dentre outras designações - é tradicionalmente reconhecido como técnica de cultivo conservacionista que consiste em manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. O preparo do solo (exclusivamente no sulco de semeadura), semeadura e adubação são feitos em uma única operação, utilizando-se máquinas agrícolas apropriadas para tal fim.

No caso específico do presente trabalho, o “plantio direto” dos citros — idealizado e estudado por Rezende et al. (2002) - consiste na eliminação da etapa intermediária do processo convencional de formação das mudas - o viveiro-, fazendo-se a semeadura e/ou plantio do porta-enxerto e a enxertia no local definitivo do pomar (Figura 11). Parte-se da premissa de que o solo nas condições naturais é o melhor recipiente para as plantas, pois, superadas suas limitações físicas e químicas, permite a livre expansão das raízes intactas, isto é, sem as agressões (podas e confinamentos) a que são submetidas durante o processo convencional de formação/instalação dos pomares.



Figura 11 – Detalhes dos sistemas de plantio: (A) – Convencional (formação das mudas em viveiro telado; (B) – semeadura do porta-enxerto no local definitivo do pomar (“plantio direto”). Fotos: da esquerda, R. T. Shibata e J. de O. Rezende; da direita, E. S. R. Reis.

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. LOCALIZAÇÃO E SOLO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS

No mês de junho de 2006, foram instaladas três áreas experimentais contíguas na Fazenda Poço das Pedras, localizada na Comunidade do Lima, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, $11^{\circ}34'25''$ S e $37^{\circ}52'58''$ W, 176 m de altitude. Procurava-se avaliar a influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento, produtividade e eficiência produtiva de pomares de laranjeira ‘Pera’, limeira ‘Tahiti’ e tangelo ‘Page’, enxertados em limoeiro ‘Cravo’, em solo coeso de tabuleiro costeiros (Figura 12).

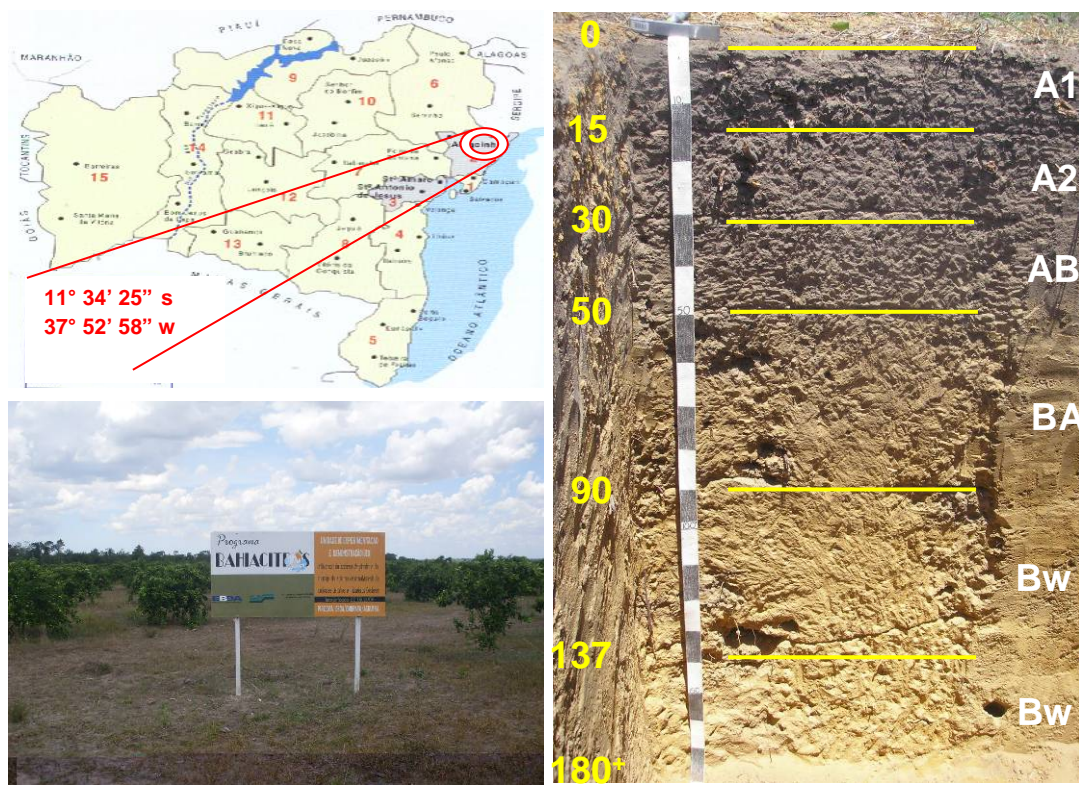


Figura 12 – Localização geográfica, perfil do solo e placa de identificação das áreas experimentais. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia. Fotos: da área, J. de O. Rezende; do solo, Z. S. Carvalho e O. D. V. Costa (2008).

Os experimentos foram instalados em um “Latossolo Amarelo Distrocoeso; a classe textural ao longo do perfil varia de franco-arenoso, (horizonte A1) a argilo-arenoso (horizonte BA); apresenta compactação [compressão da massa do solo por ação antrópica] nos horizontes A1 e A2 e coesão [adensamento de origem pedogenética] no AB, BA e topo Bw1

(Carvalho e Costa, 2008)”. Além disso, apresenta os atributos físicos e químicos mostrados nos quadros 4 e 5, respectivamente.

Quadro 4 - Análises físicas do solo da área experimental. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Bahia, 2008.

Horizonte	Espessura (m)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Relação silte/argila	Textura do solo
		Areia	Silte	Argila		
A1	0-0,15	700	120	180	0,7	Franco arenoso
A2	0,15-0,30	680	90	230	0,4	Franco argiloarenoso
AB	0,30-0,50	680	60	260	0,2	Franco argiloarenoso
BA	0,50-0,90	580	60	360	0,2	Argilo arenoso
Bw1	0,90-1,37	600	80	320	0,3	Franco argiloarenoso
Bw2	1,37-1,80 ⁺	600	130	270	0,5	Franco argiloarenoso

Quanto às análises químicas (quadro 5), tal solo apresenta, ao longo do perfil, acidez ativa (pH) variando de 4,8 a 6,3; baixo a médio teor de alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); muito baixo a baixos teores de potássio (K); baixos teores de fósforo (P) e de matéria orgânica (MO); e baixa saturação por bases (SB). A ocorrência de horizontes coesos, a acidez e a baixa saturação por bases justificam, portanto, a correção da acidez e adubação feitas nas áreas experimentais.

Quadro 5 - Análises químicas do solo da área experimental. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, 2008.

Horiz.	pH	Al	Ca	Mg	K	Na	SB	CTC	V	MO	m	P
	H ₂ O	cmol _c dm ⁻³							%	g kg ⁻¹	%	mg dm ⁻³
A1	6,3	0,0	2,8	0,7	0,29	0,02	3,81	5,46	70	18,00	0	29
A2	5,7	0,1	2,0	0,5	0,03	0,02	2,55	4,86	52	13,66	4	29
AB	5,2	0,3	1,0	0,3	0,08	0,01	1,39	3,70	38	9,31	18	14
BA	4,8	0,5	0,6	0,2	0,07	0,01	0,88	2,86	31	11,69	36	0
Bw1	5,0	0,3	0,6	0,2	0,02	0,01	0,83	2,26	37	3,10	27	0
Bw2	4,9	0,5	0,6	0,2	0,01	0,01	0,81	2,35	35	2,90	38	0

(*) SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; MO =matéria orgânica; e m = saturação por alumínio.

2. CLIMA LOCAL

O clima local é As, quente úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1.028 mm. Os maiores volumes de chuvas ocorrem nos meses de abril a agosto. A temperatura média anual é de 24,1°C. A figura 13 mostra a distribuição pluviométrica anual (A) e mensal (B) do Município de Rio Real, sede dos experimentos. Nota-se que a quantidade de chuvas precipitadas em 1993 é semelhante à de 2012, sugerindo que estiagens severas poderão ocorrer a intervalos de 20 anos.

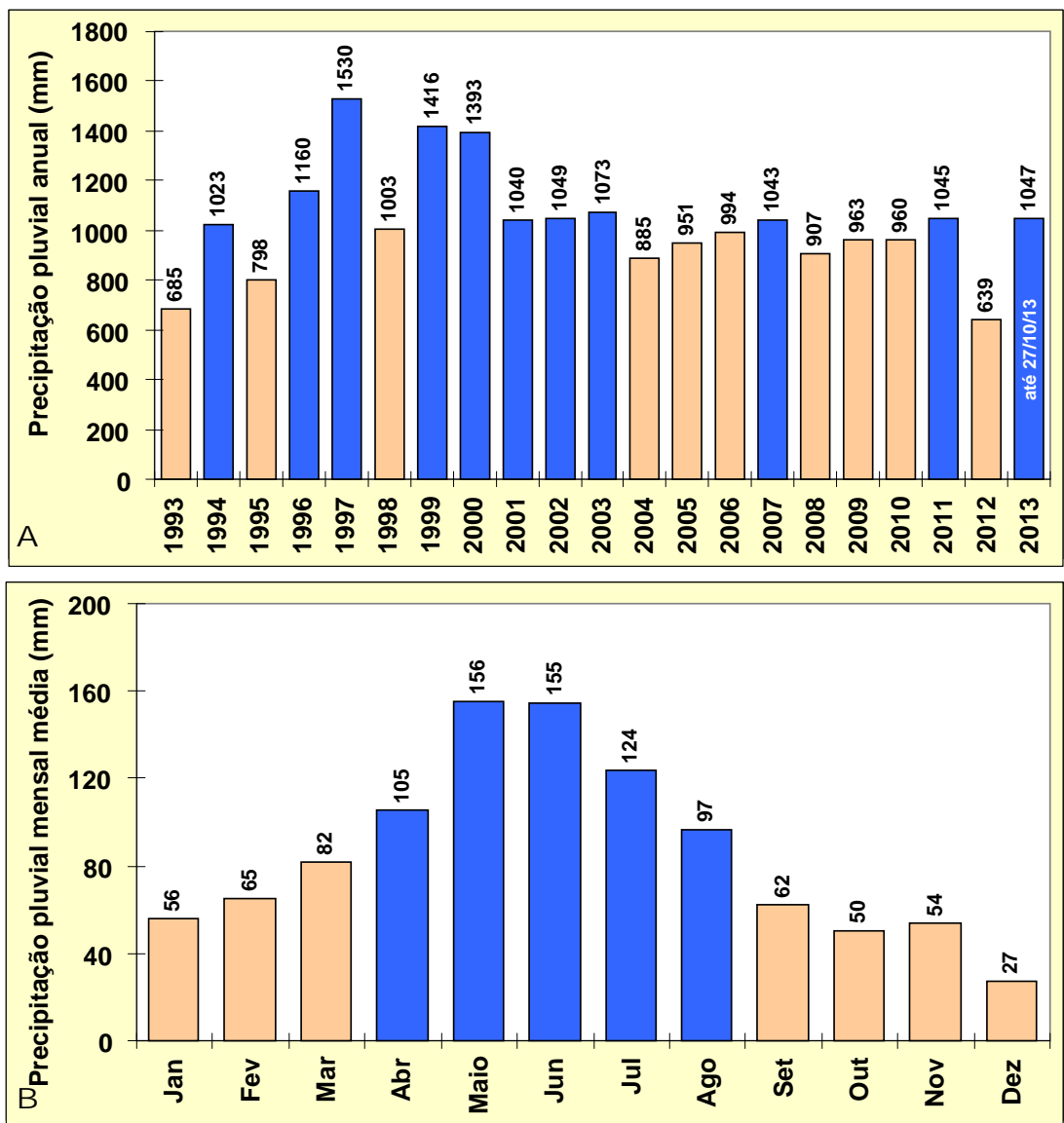


Figura 13 – Precipitações pluviométrica anual (A) e mensal (B) do Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia. As cores indicam pluviosidades que estão acima (azul) e abaixo (rosa) das médias respectivas. As figuras foram elaboradas pelo Professor Luciano Souza, com dados da Estação Meteorológica da Citricultura Maratá - cortesia do Engenheiro Agrônomo Djalma Faria de Oliveira Filho, Gerente Agrícola da Empresa.

3. CROQUIS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS AVALIADOS

A figura 14 mostra o desenho das áreas experimentais de limeira ‘Tahiti’, laranjeira ‘Pera’ e tangelo ‘Page’. As áreas ocupadas pelas plantas simbolizadas por bolas vermelhas correspondem às parcelas úteis, onde foram obtidos os dados das variáveis avaliadas. O espaçamento da laranjeira ‘Pera’ e tangelo ‘Page’ foi 6,0 m x 4,0 m e o da limeira ‘Tahiti’, devido ao maior diâmetro da copa, 7,0 m x 4,0 m.

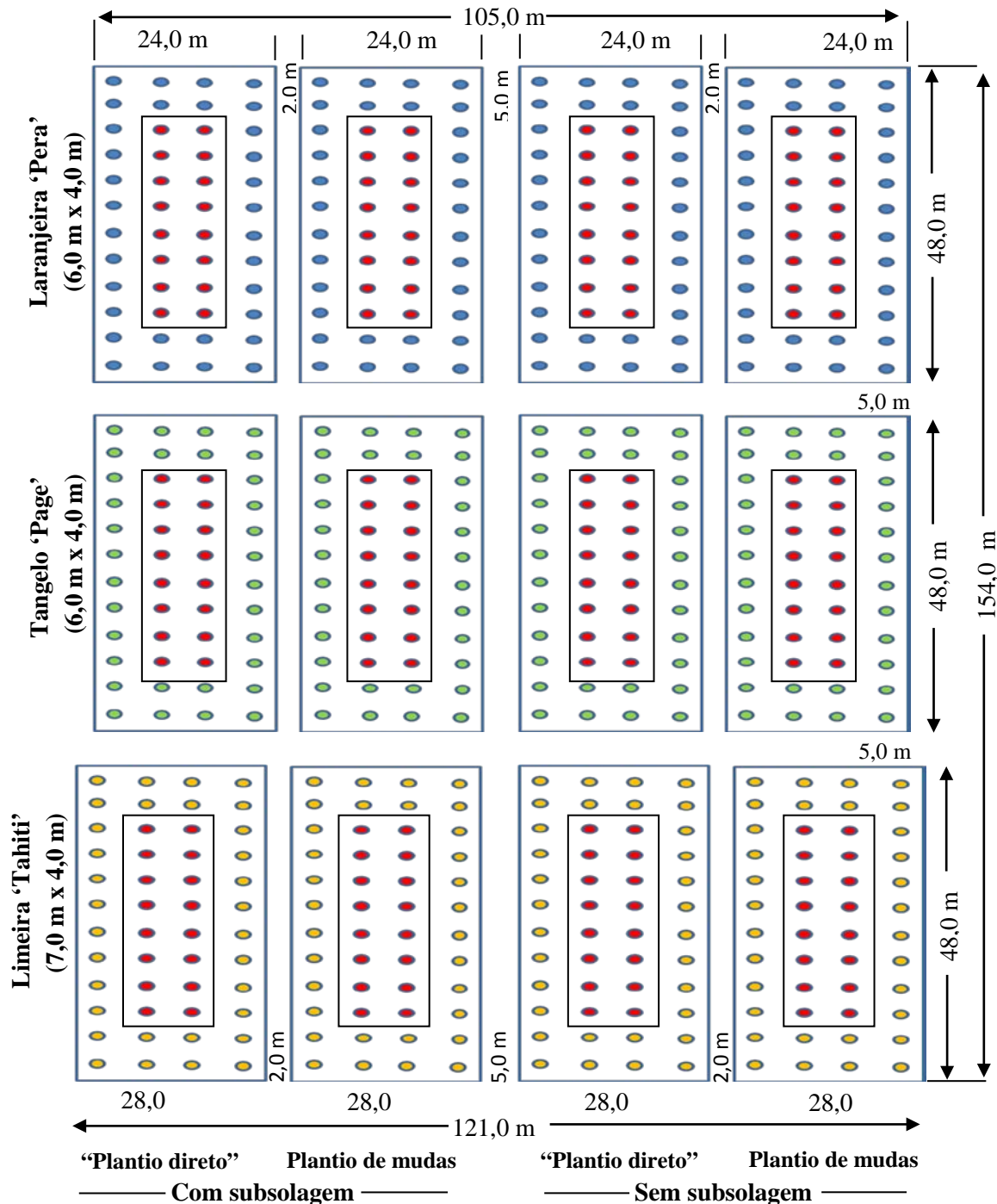


Figura 14 – Croquis das áreas experimentais de limeira ‘Tahiti’, tangelo ‘Page’ e laranjeira ‘Pera’. As plantas das parcelas úteis estão destacadas em vermelho. Esclarecimento: Área experimental por cultivar = conjunto das 4 operações: com subsolagem/sem subsolagem x plantio de mudas/‘plantio direto’; (parcela = cada combinação de sistema de plantio e preparo do solo).

4. PREPARO DO SOLO

Fez-se a aração do solo das áreas experimentais com grade aradora composta por 12 discos de 32 polegadas seguida de grade niveladora flutuante com 44 discos de 22 polegadas, ambas reguladas para uma profundidade de corte até 0,25 m (Figura 15-A). Após a aração, fez-se a subsolagem em todas as áreas a serem subsoladas, tanto para o plantio direto quanto para o plantio de mudas — última operação mecanizada no preparo do solo — com um subsolador de cinco hastes (duas dianteiras e três traseiras) de acionamento hidráulico, com cilindro trilhador e sistema hidráulico de transporte pneumático, acoplado a um trator de pneus de 130 CV e tração 4 x 4 (Figura 15 – B).



Figura 15 – Preparo do solo: (A) – aração, com grade aradora, até 0,25 m de profundidade; (B) – subsolagem ao longo das linhas de plantio até cerca de 0,45 m de profundidade. Fotos: J. de O. Rezende.

As hastes subsoladoras, dotadas de ponteiros de 0,07 m de largura, sem asas, mediam 0,60 m de comprimento. A haste central traseira do subsolador passou sobre as linhas de plantio, marcadas com cal. A frente de serviço foi regulada para largura máxima de 2,00 m. A velocidade operacional do trator (cerca de 4,0 km h⁻¹) e a devida regulação das hastes subsoladoras possibilitaram o rompimento do solo até 0,40 a 0,45 m de profundidade —

devido à dureza do solo, não foi possível um maior aprofundamento das hastes subsoladoras, pois o trator utilizado não tinha potência suficiente para isso.

5. CALAGEM E ADUBAÇÃO

A calagem e a adubação, igual para todos os experimentos, foram feitas com base nas recomendações da Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989). O calcareamento foi realizado a lanço, em todas as parcelas destinadas ao “plantio direto” no mesmo dia em que foi realizada a aração e a subsolagem das áreas antecedendo-se trinta dias do plantio (semeadura direta) do porta enxerto, ocorrido em 22.06.2006. A calagem e a adubação das parcelas destinadas ao plantio das mudas foram realizadas seguindo-se o mesmo procedimento adotado para o plantio direto, sendo que o plantio das mudas ocorreu em 07.06.2007. Utilizou-se $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - poder relativo de neutralização total (PRNT) = 80%], substituindo-se 25 % do CaO do calcário por igual quantidade de CaO de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). A substituição de 25% do calcário por gesso agrícola foi devido ao poder que o gesso exerce em promover maior translocação do H^+ e o Al^{+3} para as camadas mais profundas do solo longe do sistema radicular das plantas, práticas estas realizadas quando os solos apresentam média de pH com valor 5,0. Logo após a aplicação do calcário + gesso, fez a adubação recomendada para a fase de plantio, adubação de fundação orgânica, onde foi utilizada a torta de mamona. As outras adubações compatíveis com as fases de formação (primeiro ano) e produção do pomar (anos subsequentes). As fontes de adubos utilizadas foram: torta de mamona (624kg/ha), ureia (110 kg/ha), superfosfato simples (58 kg/ha), cloreto de potássio (50 kg/ha) e BR 12 (composto de micronutrientes). As entrelinhas de plantio foram mantidas com *Brachiaria decumbens*, que são gramíneas espontâneas, predominantes em áreas citrícolas e que servem para proteção e estruturação do solo, mantendo-se limpa uma faixa de 2,0 m de largura nas linhas de plantio.

6. SEMEADURA, DESBASTES, ENXERTIA E TRATOS CULTURAIS

Nos dois sistemas de plantio, a semeadura do porta-enxerto foi realizada manualmente no dia 22/06/2006, porém as mudas só foram levadas do viveiro para o local definitivo do pomar no dia 07/06/2007, quando completaram cerca de um ano de idade - tempo necessário

para estas mudas estarem em sua plena formação, ou seja, as mudas estavam no sistema pávio, sem pernadas, constituída de uma haste única, ereta e vertical com um diâmetro em torno de 0,7 cm e 5 cm acima do ponto de enxertia. Assim como no plantio direto, a calagem foi realizada 30 dias antecedendo o plantio das mudas e seguindo-se o mesmo procedimento adotado para o “plantio direto” quanto as adubações. No caso das mudas, semearam-se três sementes em bolsas de polietileno contendo substrato a base de terra vegetal+areia+esterco bovino na proporção de 3:2:1; no “plantio direto”, semearam-se cerca de dez sementes por cova, orientadas no sentido da linha de plantio, para assegurar a uniformidade do pomar.

Em ambos os sistemas de plantio foram feitos desbastes das plantas a partir do terceiro mês após a semeadura, preservando-se o porta-enxerto mais vigoroso; seis meses após a semeadura, fez-se a enxertia no viveiro e no campo utilizando-se borbulhas oriundas de plantas matrizes cultivadas em ambiente protegido, fornecidas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura. A figura 16 mostra detalhes da enxertia feita no local definitivo do pomar.

Os tratos culturais, tais como aplicações localizadas de formicida em pó; pulverizações no solo contra grilos, lagartas, etc.; proteção das plantas contra vetores de doenças a partir da emergência dos porta-enxertos, capinas etc., foram feitas em épocas oportunas e de acordo com as recomendações pertinentes.



Figura 16 - Detalhes da enxertia no local definitivo do pomar: (A) preparação das borbulhas (gemmas); (B) enxertia; (C) dobra do porta-enxerto acima do ponto de enxertia; (D) a parte do porta-enxerto acima do ponto de enxertia é mantida até a pega do enxerto, para assegurar a circulação da seiva. Fotos: R. T. Shibata e J. O. Rezende.

7. CARACTERÍSTICAS DO PORTA-ENXERTO E DAS VARIEDADES COPA

Limoeiro ‘Cravo’ Seleção ‘Santa Cruz’ (*C. limonia* Osbeck). “É um porta-enxerto muito vigoroso que produz grande quantidade de frutos com muitas sementes por fruto (em torno de 15). Suas sementes não são totalmente poliembriônicas e a incidência de plantas atípicas (híbridos ou "machos") nas sementeiras é grande - muitas vezes aproveita-se apenas 50% ou menos das plantas nos viveiros. É o porta-enxerto mais utilizado no Brasil. Na citricultura baiana, participa em cerca de 90% dos pomares. A razão principal dessa preferência deve-se a sua resistência à seca, alta produtividade e precocidade dos pomares - plantas enxertadas em limão ‘Cravo’ geralmente proporcionam boas safras a partir dos três anos de idade -, compatibilidade com diversas copas e boa adaptação a diversos tipos de solo e clima. As plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ adaptam-se muito bem aos tipos mais comuns de solos, mesmo os mais fracos e arenosos, onde podem ter desempenho excelente com complementação nutricional. É resistente ao vírus da Tristeza, porém susceptível a outras doenças: Exocorte, Xiloporose, Gomose, Nematóides, Declínio e Morte Súbita. Em regiões de alta incidência de Declínio, e nas áreas onde a Morte Súbita existe, o limoeiro ‘Cravo’ tem sido abandonado como porta-enxerto cítrico” (Carvalho, 2013).

Laranja ‘Pera’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] – “É a mais importante variedade cítrica brasileira, sendo utilizada pela indústria e para os mercados internos e externos de fruta fresca. Sua origem é pouco conhecida - apesar de ser considerada brasileira, há indícios de que possa ter sido originada de variedades de outros países. O mercado consumidor brasileiro de fruta fresca, tanto para consumo direto como para extração e consumo local do suco, dá preferência à cultivar Pera pelas suas qualidades e bom rendimento industrial. Seus principais pontos negativos são a suscetibilidade à Tristeza e o hábito de florescimento fora da época usual, com duas a três floradas por ano. O problema em relação à Tristeza foi resolvido satisfatoriamente pelo uso de clones premunizados. Se as produções extemporâneas por um lado é problema, por outro podem ser vantajosas, pois permitem a oferta da variedade por um período maior - o que é interessante, principalmente para o mercado de fruta fresca” (Donadio, 1999).

Tangelo ‘Page’ – “É um híbrido interespecífico complexo entre tangerina ‘Clementina’ (*C. clementina*) x pomelo ‘Minneola’ [pomelo ‘Duncan’ (*C. paradisi*) x Tangerina ‘Dancy’ (*C. tangerina*)]. É interessante principalmente para o mercado de frutos *in natura*, pois com esse híbrido espera-se introduzir alternativas que permitam ampliar a faixa de colheita com frutos de qualidade, melhorando a participação de frutos cítricos frescos no

mercado interno. Com porte médio (altura em torno de três metros) e copa arredondada, o ‘Page-CNPMF’ tem folhas pequenas, de tonalidade verde-escura. O fruto é pequeno, sucoso, achatado e tem de cinco a seis sementes. A casca é lisa, de alaranjado intenso desuniforme e polpa alaranjado intensa. A produtividade média de seus pomares é de aproximadamente 20,0 toneladas por hectare, devendo ser cultivada em espaçamento de 6 m x 4 m. A principal floração é em setembro e a maturação ocorre na meia-estação, de maio a junho” (www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/)

Limeira ‘Tahiti’ [*C. latifolia* (Yu. Tanaka)] - Pode chegar a quatro metros de altura. Apresenta copa densa e vigorosa cujas folhas estão em contínua reposição, podendo permanecer na planta por até três anos. São consideradas mesofíticas, porém com características xeromórficas, sem atividade estomatal na parte adaxial da folha (pois apresenta uma camada de cera) e o murchamento em folhas maduras só ocorre com potenciais de água considerados relativamente baixos. Os frutos são grandes, ovais, oblongos ou levemente elípticos e praticamente desprovidos de semente. A ausência de sementes ocorre pelo fato de se tratar de um híbrido triploide ($3n = 27$) do qual o pólen e o óvulo não são viáveis, formando frutos partenocárpicos. Apresentam casca fina e cor amarela pálida na maturação. O período transcorrido desde a floração até a fase de maturação é de até 170 dias. No Estado da Bahia, esse período varia de entre 97 e 202 dias, dependendo do regime térmico e hídrico da região produtora. Dentre as espécies cítricas é a de maior precocidade, apresentando, em geral, produção significativa a partir do terceiro ano, mas só a partir do quinto ano em diante é que começa a expressar rendimentos econômicos” (Batista, 2010).

8. AVALIAÇÕES

A melhor forma de avaliar a sustentabilidade de um sistema de manejo é medir seu impacto na qualidade do solo e na produtividade agrícola. Para isso, é necessário definir indicadores de qualidade do solo, os quais devem ser, além de sensíveis às mudanças, ferramentas para decidir que estratégias adotar para mudar o manejo. No presente estudo, foram avaliados os seguintes indicadores de qualidade do solo e de desenvolvimento das plantas:

Solo: densidade do solo e das partículas, porosidade (total, macro, micro e porosidade bloqueada), resistência mecânica à penetração, retenção e disponibilidade de água para as plantas.

Na planta: crescimento da parte aérea (altura, diâmetro e volume da copa, diâmetros do caule do enxerto e do porta-enxerto, afinidade copa/porta-enxerto) e das raízes (crescimentos lateral e vertical), além da produtividade e eficiência produtiva dos pomares.

Para as avaliações dos indicadores de qualidade do solo, foi escavada uma trincheira em cada parcela da área experimental de cada cultivar. As trincheiras mediam 2,00 m de largura x 2,00 m de comprimento x 1,80 m de profundidade (Figura 17). Em cada trincheira, foram feitas três amostragens (repetições) na porção mediana da espessura de cada horizonte do perfil, afastadas 0,75 m entre si; em cada ponto de amostragem, foram coletadas amostras deformadas e 6 amostras indeformadas (estas, coletadas com cilindros volumétricos: o maior deles, para a determinação da densidade e da porosidade do solo; os menores, para as determinações da resistência à penetração e retenção de água), totalizando 864 amostras (4 trincheiras por experimento x 4 horizontes por trincheira (profundidade) x 3 pontos de amostragem por horizonte x 6 coletas por ponto de amostragem x 3 cultivares cítricas. Tais amostras foram analisadas no laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

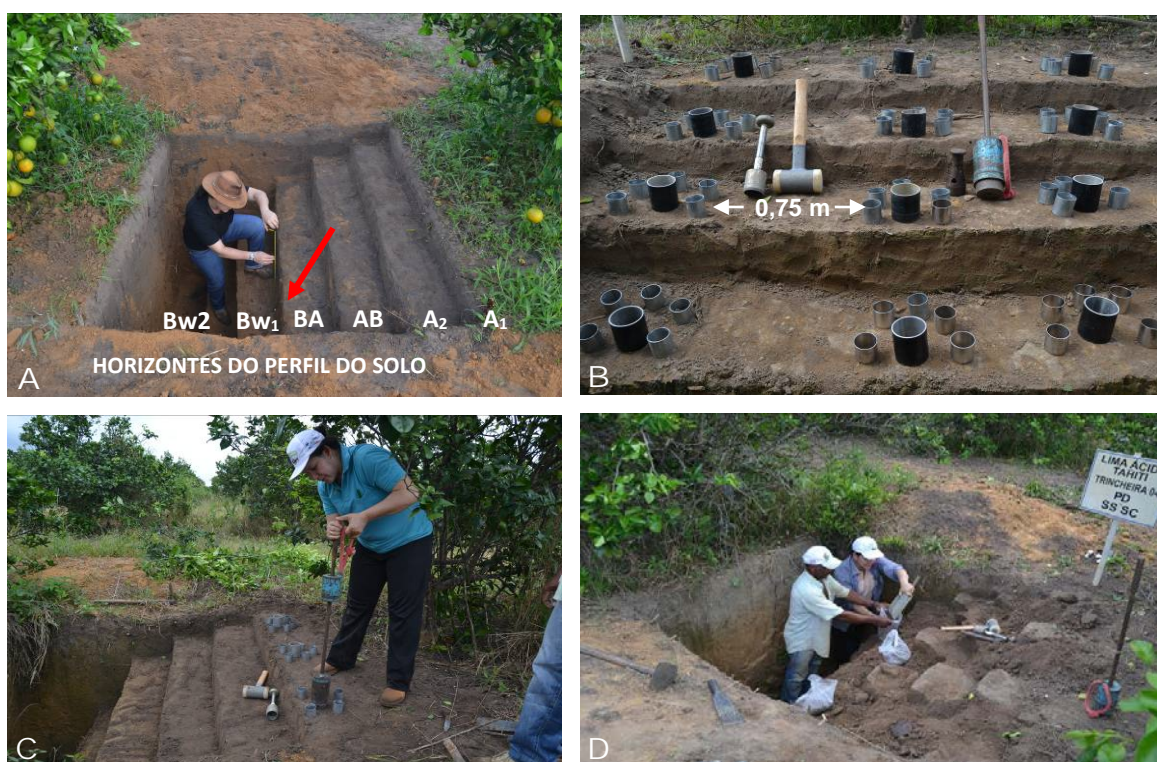


Figura 17 – Detalhes da coleta de amostras deformadas e indeformadas nos horizontes do perfil do solo: (A) trincheira, perfil do solo e respectivos horizontes; (B) material utilizado na coleta de amostras e locais de amostragem do solo; (C) coleta de amostras; (D) embalagem das amostras destinadas ao laboratório: Fotos: E. S. R. Reis.

8.1. DENSIDADE DAS PARTÍCULAS DO SOLO

Sua avaliação é importante, pois dela dependem os cálculos do tempo de sedimentação das partículas do solo quando da análise granulométrica e da porosidade total do solo, além de possibilitar inferências sobre a presença de minerais pesados na massa do solo – o que ocorre quando seu valor é igual ou maior do que $2,85 \text{ kg dm}^{-3}$ (Kiehl, 1979). Nos Latossolos e Argissolos Amarelos dos Tabuleiros Costeiros, nos quais predomina a caulinita na fração argila, seu valor situa-se em torno de $2,60 \text{ kg dm}^{-3}$, típico dos silicatos de ferro e ou alumínio.

No presente estudo, a densidade das partículas do solo, também denominada de densidade real, foi determinada pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 2011) e calculada por meio da seguinte expressão:

$$D_p = M_s / V_s, \text{ onde}$$

D_p (kg dm^{-3}) = densidade das partículas do solo; M_s (kg) = massa do solo seco em estufa a 105°C (kg); V_s = volume de sólidos da amostra (dm^{-3}).

8.2. DENSIDADE DO SOLO

O valor da densidade do solo, também denominada de densidade aparente, possibilita inferências sobre o arranjo das partículas na massa do solo. Geralmente é maior nos solos arenosos e nos solos compactados e ou adensados, a exemplo do que ocorre nos horizontes coesos de solos dos Tabuleiros Costeiros. À medida que ela aumenta, em consequência da compactação e/ou adensamento, diminui o *índice de vazios* dos solos, ou seja, a relação entre o volume de poros e o volume de sólidos, podendo restringir o crescimento radicular das plantas e, consequentemente, a produção agrícola.

Para a avaliação da densidade e porosidade do solo, foram coletados monólitos com estrutura indeformada (0,082 m de altura x 0,069 m de diâmetro) sobre as linhas de plantio, em 4 trincheiras por experimento x 4 horizontes por trincheira (profundidade) x 4 repetições (uma por horizonte) x três cultivares cítricas, totalizando 192 amostras (Figura 18).

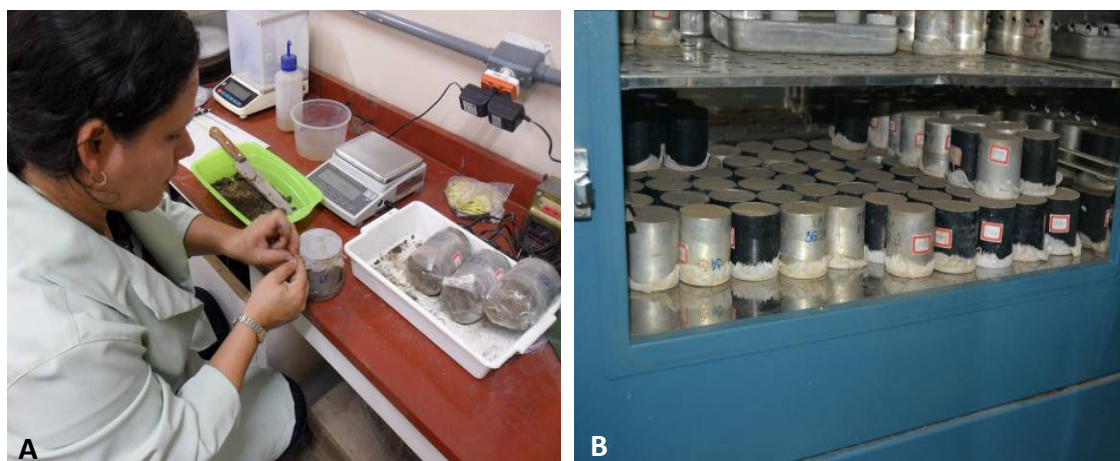


Figura 18 – Detalhes da avaliação da densidade do solo: (A) descarte do excesso de terra e proteção da base da amostra com pano tipo gaze e (B) secagem na estufa a 105°C. Fotos: E. S. R. Reis.

Na amostragem, utilizou-se o coletor de monólitos naturais idealizado por Uhland (1949). No laboratório, as amostras foram processadas (descarte do excesso de terra e proteção da base com pano tipo gaze), colocadas em estufa a 105 °C durante 48 horas, esfriadas e pesadas para a determinação da densidade do solo por meio da seguinte expressão (Embrapa 2011):

$$D_s = M_s / V_t, \text{ onde,}$$

D_s = densidade do solo (kg dm^{-3}); M_s = massa do solo seco em estufa a 105 °C (kg); V_t = volume total da amostra (dm^{-3}).

8.3. POROSIDADE DO SOLO

A determinação da porosidade do solo tem especial significação edafológica. Do conhecimento de sua grandeza podem-se extrair importantes conclusões sobre o estado físico dos perfis de solos, seja para interpretar sua evolução natural ou para julgar suas condições agronômicas. Por exemplo, “se o volume de macroporos for menor do que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ haverá restrição ao crescimento radicular das plantas e, conseqüentemente, à produção agrícola” (Kiehl 1979); por isso, segundo esse autor, além da porosidade total é importante conhecer a quantidade de macroporos (porosidade para o ar) e de microporos (porosidade de armazenagem de água) existente no solo. Embora não exista nítida linha que os delimite, Resende et al. (1999) sugerem o diâmetro de 0,05 mm como fronteira entre ambos.

No presente estudo, a porosidade total do solo, macroporosidade e microporosidade foram determinadas nos mesmos monólitos naturais coletados para a determinação da densidade do solo. (Figura 19). No laboratório, tais monólitos foram saturados por ascensão capilar da água e depois submetidas a uma tensão equivalente a 0,60 m de coluna d'água (-0,006 MPa) na mesa de tensão para a determinação dos macro e microporos, feita de acordo com Oliveira (1970).



Figura 19 – Detalhes da determinação da porosidade do solo: (A) saturação das amostras por ascensão capilar; (B) amostras na mesa de tensão para extração da água dos macroporos; (C) secagem na estufa a 105 °C; (D) pesagem das amostras. Fotos: E. S. R. Reis.

Para os cálculos, utilizaram-se as seguintes expressões:

$$Ma = (P1 - P2) / VT;$$

$$Mi = (P2 - P3) / VT$$

$$PTd = Ma + Mi, \text{ onde}$$

Ma = macroporosidade ($m^3 m^{-3}$); Mi = microporosidade ($m^3 m^{-3}$); PTd = porosidade total determinada ($m^3 m^{-3}$); P1 = massa da amostra do solo saturado (kg); P2 = massa da amostra do solo após 72 h horas na mesa de tensão (kg); P3 = massa da amostra seca na estufa a 105 °C (kg); e VT = volume do cilindro coletor = volume da amostra (dm^{-3}).

A porosidade total calculada foi obtida por meio da seguinte expressão (Embrapa 2011):

$$PTc = [1 - (Ds / Dp)], \text{ onde}$$

PTc = porosidade total calculada ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Ds = densidade do solo (kg dm^{-3}); Dp = densidade das partículas (kg d m^{-3}). O resultado da diferença entre os valores da porosidade total calculada (PTc) e porosidade total determinada na mesa de tensão (PTd) corresponde à porosidade bloqueada (Pb):

$$Pb = PTc - PTd$$

Porosidade bloqueada é aquela na qual a água não entrou e/ou não saiu por algum motivo, ou seja: deficiente saturação da amostra, cujo tempo foi insuficiente para o preenchimento de todos os poros; possível selamento da base da amostra, impedindo a entrada da água por ascensão capilar; presença de bolhas de ar aprisionadas em alguns poros; tempo insuficiente para a extração da água contida nos macroporos; e rompimento/interrupção da coluna d'água responsável pela pressão de sucção na mesa de tensão. O resultado de sua avaliação revela se há precisão na determinação da porosidade total de um solo na mesa de tensão. O ideal é que o valor da porosidade total calculada seja igual ao da porosidade total determinada, aceitando-se uma diferença máxima de -2 % na porosidade total determinada.

8.4. RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO

Durante o crescimento, as raízes exercem uma pressão gerada pelos mecanismos biofísicos da planta sobre a massa do solo: quando a pressão radicular vence, a raiz cresce; quando a planta não consegue vencer a resistência imposta pelo solo, a raiz não se desenvolve. A magnitude dessa resistência depende da textura, mineralogia da fração argila, estrutura e umidade do solo: quanto mais argiloso, denso e seco for o solo, maior a resistência à penetração e, conseqüentemente, menor a penetração radicular, prejudicando a absorção de água, nutrientes e o posterior transporte destas substâncias para a parte aérea das plantas (Camargo e Alleoni 1997).

A avaliação da resistência do solo à penetração por meio de penetrômetros é um método interessante para avaliar a variabilidade estrutural do perfil do solo. Por esse meio, avalia-se a resistência média que o solo oferece à penetração da haste rígida do equipamento, enquanto as raízes, por serem flexíveis, crescem através dos poros do solo, fendas e rachaduras. Por isso, para Mernes et al. (2003), “a penetrometria superestima a resistência para o crescimento radicular, mas, infelizmente, não há rotina metodológica eficiente para gerar estimativas mais precisas e confiáveis do impedimento mecânico do solo”. No presente estudo, a resistência

mecânica do solo à penetração foi determinada em monólitos naturais coletados em 4 trincheiras por experimento x 4 horizontes por trincheira (profundidade) x 3 pontos de amostragem por horizonte x 1 repetições por ponto de amostragem x 3 cultivares cítricas, totalizando 144 amostras: A amostragem foi feita com cilindros de aço inoxidável (volume = $86,75 \text{ cm}^3$), introduzidos no solo com golpes de uma marreta de silicone e removidos cuidadosamente para se preservar a estrutura natural das amostras (Figura 20).



Figura 20 – Detalhes da avaliação da resistência mecânica do solo à penetração: (A e B) amostragem do solo no campo. No laboratório: (C) saturação das amostras por ascensão capilar da água; (D) disposição das amostras nas placas de pressão de Richards (1949); (E) determinação da resistência à penetração no solo previamente submetido a uma tensão de $-0,1 \text{ MPa}$, utilizando-se o penetrômetro de bancada; (F) secagem das amostra em estufa a 105°C . Fotos: E. S. R. Reis.

No laboratório os valores de resistência à penetração foram avaliados em amostras previamente submetidas à tensão de $0,1 \text{ MPa}$ e determinados em um penetrômetro de bancada provido de um sistema automatizado de obtenção de dados (Tormena 1998). A velocidade de penetração da haste na amostra foi de $0,60 \text{ m h}^{-1}$ ($1,0 \text{ cm min}^{-1}$), medindo-se da superfície até a profundidade de $0,045 \text{ m}$ – os monólitos tinham $0,050 \text{ m}$ de altura. Consideraram-se apenas

os dados de resistência à penetração medidos no interior das amostras, no intervalo entre 0,010 e 0,035 m de profundidade.

8.5. DISPONIBILIDADE DA ÁGUA PARA AS PLANTAS

A água retida no solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) é definida como água disponível para as plantas (AD). Verificou-se que na maioria das situações o solo se encontra em capacidade de campo e em ponto de murcha permanente quando o estado de energia da água está em equilíbrio com tensões de $-0,033$ MPa e $-1,5$ MPa, respectivamente (Reichardt 1990). Medina (1975), entretanto, tomando por base a textura do solo, sugeriu as seguintes tensões para a avaliação da estimativa da capacidade de campo: solos muito argilosos, $-0,1$ MPa; solos de textura média (francos), $-0,033$ MPa; e solos arenosos, $-0,01$ MPa. No presente estudo, considerou-se as tensões de $-0,01$ MPa e $-1,5$ MPa para a avaliação dos limites superior (CC) e inferior (PMP) da água disponível para as plantas, respectivamente. Tais limites foram determinados nas câmaras de pressão idealizadas por Richards (1949), utilizando-se monólitos naturais coletados em 4 trincheiras por experimento x 4 horizontes por trincheira (profundidade) x 3 pontos de amostragem por horizonte x 4 repetições por ponto de amostragem x 3 cultivares cítricas, totalizando 576 amostras: A amostragem foi feita com cilindros de aço inoxidável (volume = $86,75 \text{ cm}^3$), introduzidos no solo com golpes de uma marreta de silicone e removidos cuidadosamente para se preservar a estrutura natural das amostras (Figura 20, A e B). A água disponível foi calculada mediante a seguinte expressão:

$$AD = CC_{(0,01\text{MPa})} - PMP_{(1,5\text{MPa})}$$

8.6. CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS

As raízes – a parte escondida das plantas – desempenham importantes funções durante o ciclo biótico do vegetal: absorção de água e nutrientes; respiração, sem qual não ocorrerá à absorção dos nutrientes disponíveis; produção de aminoácidos, proteínas, hormônios e outras substâncias orgânicas; excreção de açúcares, ácidos orgânicos e componentes minerais, que contribuem para a dissolução de substâncias e para o desenvolvimento de micro-organismos

na rizosfera; exercem influência ativa na passagem de íons absorvidos no meio, suprimindo a parte aérea da planta com produtos de sua conversão; contribuem para a agregação das partículas e abrem canais ao longo do perfil do solo, beneficiando sua estrutura; são responsáveis pela ancoragem da planta (Rezende et al. 2002).

Para Tinker (1981), “há uma relação direta, positiva e estreita entre o desenvolvimento radicular das plantas, o volume da copa e a produção de colheitas. Embora o crescimento das raízes dependa principalmente de fatores genéticos, certas limitações do solo - a exemplo da compactidade, falta de oxigênio, água e nutrientes - podem inibi-lo, reduzindo o volume do raizame e consequentemente o de solo explorado, prejudicando o desenvolvimento da planta e a produção agrícola”.

No presente estudo, a avaliação do crescimento radicular das plantas foi feita em 1 920 pontos de amostragem: oito plantas por cultivar (as duas melhores plantas por subparcela) x quatro pontos na linha de plantio (0,30, 0,60, 1,20 e 2,00 m) x cinco pontos na entrelinha de plantio (0,30, 0,60 1,20, 2,00 e 3,00 m) x quatro profundidades (0 - 0,25, 0,25 - 0,50, 0,50 - 0,75, 0,75 - 1,00 m) x três cultivares (Figura 21-A). A amostragem das raízes foi feita com cilindros de aço de 1,20 m de comprimento x 0,085 m de diâmetro, introduzidos no solo com golpes de marreta (Figura 21, B a C).



Figura 21 – Detalhes da amostragem das raízes: (A) pontos de amostragem nas linhas e entrelinhas de plantio; (B) amostragens ao longo do perfil do solo; (C) amostra de solo com raízes; (D) raízes sendo preparadas para a digitalização. Fotos: E. S. R. Reis e Rezende, J. de O.

No laboratório, depois de separadas do solo por imersão em água, peneiramento e secagem à sombra, as raízes foram digitalizadas em imagens monocromáticas por meio de scanner e processadas pelo programa GSRoot (Guddanti e Chambers 1993; Souza et al. 2008; Calfa 2010), considerando-se três classes de diâmetros de raízes ($D1 < 0,5$; $0,5 < D2 < 1,0$; $D3 > 1,0$ mm) e o somatório do comprimento das raízes de todos os diâmetros (Figura 21 D).

8.7. CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS

Avaliaram-se os seguintes indicadores de crescimento da parte aérea das plantas: altura, diâmetro da copa, volume da copa, diâmetros do caule do enxerto e do porta-enxerto e afinidade copa/porta-enxerto (Figura 22). Tais avaliações foram feitas em 16 plantas de cada parcela útil, de acordo com técnica descrita por Mota (2010): a altura da planta foi medida do solo até o plano mediano entre o topo da planta e o meio da copa; o diâmetro da copa foi medido em duas posições: perpendicular às linhas de plantio e no sentido da linha de plantio, para o cálculo do diâmetro médio; a afinidade copa/porta-enxerto foi avaliada considerando-se a relação diâmetro do tronco do enxerto/diâmetro do tronco do porta-enxerto (D_{te}/D_{tpe}), medidos com um paquímetro 0,10 m acima e abaixo do ponto de enxertia (quanto mais próximo de 1,0 maior a afinidade); o volume da copa foi calculado pela fórmula: $V = \frac{2}{3} \pi r^2 h$, onde r = raio médio da copa e h = altura da planta.



Figura 22 – Detalhes da avaliação da parte aérea das plantas: (A) altura, medida do chão até o plano mediano entre o topo e o meio da copa; (B) diâmetro da copa, medido em duas posições: perpendicular às linhas de plantio e no sentido das linhas de plantio; (C e D) diâmetros do caule do enxerto e do porta-enxerto, medidos 0,10 m acima e abaixo do ponto de enxertia, respectivamente. Fotos: E. S. R. Reis.

8.8. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR

A avaliação da produtividade dos pomares (kg de frutos ha^{-1}) de laranjeira ‘Pera’ e tangelo ‘Page’ foi feita em três colheitas manuais sucessivas realizadas nas 16 plantas de cada parcela útil, nos meses de maio e agosto de 2012 e março de 2013 (Figura 23). A eficiência produtiva foi calculada dividindo-se o peso de frutos por planta pelo volume da copa (kg m^{-3}) – essa avaliação indica a densidade de frutos por copa de cultivar avaliada. Lamentavelmente, os dados da limeira ‘Tahiti’ foram perdidos, pois o proprietário da Fazenda havia colhido e vendido os frutos na ocasião da coleta de dados.



Figura 23 – Detalhes da colheita e pesagem dos frutos: (A e B) laranjeira ‘Pera’; (C e D) tangelo ‘Page’; (E e F) pesagem dos frutos de laranjeira ‘Pera’ e tangelo ‘Page’, respectivamente. Fotos: E. S. R. Reis.

Para Wünsche e Ferguson (2005), não há ainda pesquisas suficientes que estabeleça a eficiência produtiva de plantas frutíferas devido às consequências fisiológicas e os impactos no crescimento dos frutos durante o ano. Entretanto permanece o desafio para pesquisadores e produtores em buscar equilibrar a oferta, diante das complexas interações fisiológicas entre crescimento da vegetação e órgãos reprodutivos.

9. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as avaliações dos indicadores de qualidade do solo (densidade, porosidade e resistência mecânica do solo à penetração) e do crescimento radicular das plantas – que envolveram amostragens ao longo do perfil do solo e que, em cada caso, não são variáveis independentes entre si e nem aleatorizadas (condição exigida pela estatística experimental) –, utilizou-se o esquema de experimentos em faixas, que é uma variação dos experimentos em parcelas subdivididas.

Para a avaliação da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva dos pomares, utilizou-se o mesmo esquema experimental.

Nos experimentos em faixas os tratamentos das subunidades, como é o caso do preparo do solo, em vez de serem casualizados dentro de cada parcela experimental, são casualizados em faixas (Banzatto e Kronka, 2013). Na faixa principal foi testado o fator preparo do solo (com e sem subsolagem), nas faixas secundárias ou subunidades foi testado o fator sistema de plantio (mudas e "plantio direto") e dentro de cada combinação preparo do solo x sistema de plantio foi amostrado o sistema radicular de duas plantas e o solo em quatro profundidades e em três perfis, considerados como repetições, com estas variáveis representando uma subsubunidade no esquema experimental. Esse esquema foi aplicado individualmente às três cultivares ('Pera', 'Page' e 'Tahiti').

O mesmo esquema experimental foi utilizado para a avaliação dos indicadores de crescimento da parte aérea das plantas (altura, diâmetro e volume da copa, diâmetros do tronco do enxerto e do porta-enxerto, afinidade copa/porta-enxerto), produtividade e eficiência produtiva, excetuando-se o fator profundidade do solo, que não se aplicava ao caso.

A utilização do esquema experimental em faixas deveu-se a dificuldades práticas de executar a subsolagem em parcelas casualizadas seguindo delineamentos clássicos como o inteiramente casualizado ou blocos casualizados. A utilização das repetições dentro de cada

combinação preparo do solo x sistema de plantio resultou de restrições quanto ao tamanho da área experimental. Da forma como foi realizada a pesquisa, a área experimental útil alcançou 16.128,00 m² (28,0 m x 48,0 m x 12 faixas); se fossem utilizadas três repetições no espaço, como ocorre em delineamentos clássicos, a área alcançaria 48.384,00 m²; isso teria implicações como insuficiência da área disponível, maiores custos de condução e, também, maior heterogeneidade do solo com possível influência na precisão experimental.

Essa forma de definir as repetições, apesar de serem consideradas como pseudorrepetições, não compromete a validade da análise estatística e nem a dos testes de significância aplicados, em situações em que os delineamentos clássicos não podem ser utilizados (Ferreira et al., 2012).

Em ambos os casos as análises estatísticas foram realizadas individualmente para cada cultivar. A comparação entre médias foi feita utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas realizadas foram feitas por meio do aplicativo SAS, versão 9.0 (SAS, 2004). Os gráficos foram realizados utilizando os aplicativos Harvard Graphics 4 e Microsoft Excel 2003.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. EXPERIMENTO 1: INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR DE LARANJEIRA ‘PERA’ ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’.

1.1. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

O quadro 6 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo nos indicadores de qualidade do solo do pomar de laranja ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. As avaliações foram feitas nas áreas de plantio de mudas e de “plantio direto”. Os efeitos significativos estão destacados nas áreas hachuriadas (Sig <0.05).

Quadro 6 – Análise de variância referente à influência da subsolagem nos indicadores de qualidade do solo¹ cultivado com laranja ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹									
	PTD	PTC	MAP	MIP	DS	DP	RP	pK10	pK1500	AD
Preparo	0,123	0,269	0,056	0,072	0,046	0,134	0,208	0,108	0,068	0,422
Profundidade	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,192	0,020	0,000	0,000	0,000
Prep/Prof	0,447	0,496	0,033	0,000	0,173	0,473	0,574	0,005	0,000	0,472
	Sig ≤0.05									

¹PDT = porosidade total determinada, PTC = porosidade total calculada, MAP = macroporosidade, MIP = microporosidade, DS = densidade do solo, DP = densidade das partículas do solo, RP = resistência mecânica do solo à penetração, pK10 e pK1500 = estimativas da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, respectivamente, AD = água disponível no solo.

1.1.1. Influência do preparo do solo nas porosidades totais determinada e calculada

A figura 24 ilustra a influência do preparo do solo nas porosidades totais determinada (PTD) e calculada (PTC) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 6) mostra que houve efeito significativo apenas da profundidade do solo nas duas porosidades: independentemente do sistema de plantio, ambas diminuem no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de

profundidade - certamente devido ao adensamento característico desses horizontes (veja Figura 12).

Na área de plantio de mudas, a subsolagem contribuiu para aumentar (em valores absolutos) a porosidade total determinada no volume de solo situado entre 0 e 40,0 cm de profundidade (Figura 24 A); na área de “plantio direto”, ocorreu aumento significativo ao longo do perfil do solo. A subsolagem também contribuiu para aumentar, em valores absolutos, a porosidade total calculada (Figura 24 B): na área de plantio de mudas, o aumento ocorreu no volume de solo situado entre 0 e 40 cm de profundidade, aproximadamente; na área de “plantio direto”, o aumento ocorreu no volume de solo de solo situado entre 25,0 e 75,0 cm de profundidade.

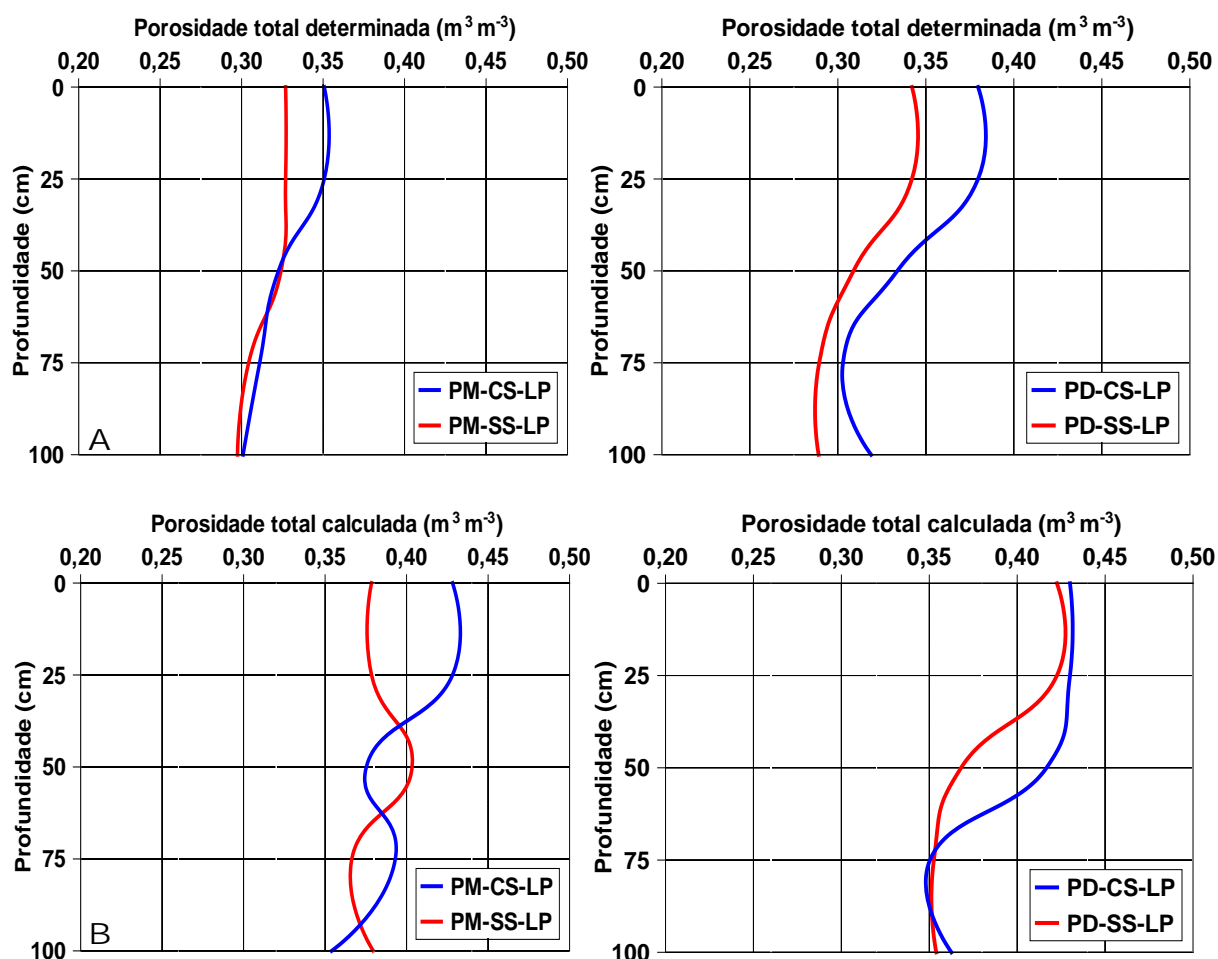


Figura 24 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas porosidades totais determinada (A) e calculada (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com laranjeira ‘Pera’(LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.1.2. Influência do preparo do solo na macro e microporosidade

A figura 25 ilustra a influência do preparo do solo (com e sem subsolagem) na macroporosidade (MAP) e microporosidade (MIP) do solo, nas áreas de plantio de mudas e de “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 6) mostra que houve efeito significativo da profundidade do solo e da interação preparo do solo/profundidade do solo nas duas porosidades: a macroporosidade diminui ao longo do perfil do solo (Figura, 25 A), contrariamente ao que ocorre com a microporosidade – neste caso, devido ao aumento do teor de argila (Figura 25 B).

Na área de plantio de mudas, a subsolagem contribuiu para aumentar a macroporosidade no volume de solo situado entre 0 e 75,0 cm de profundidade: na área de “plantio direto”, o aumento ocorreu em todo o volume de solo avaliado (Figura 25 A).

Mesmo em valores absolutos, independentemente da área de plantio, não houve efeito da subsolagem na microporosidade do solo (Figura 25 B).

Quando os valores da macroporosidade (porosidade de aeração) são menores do que 10%, indicam restrição à aeração do meio – é o que ocorre no volume de solo abaixo de 75,0 cm de profundidade, independentemente da área de plantio e do preparo do solo.

O aumento da porosidade do solo proporcionado pela subsolagem é benéfico, pois contribui para a armazenagem e fluxos de ar, água e nutrientes, além de facilitar a penetração radicular ao longo do perfil.

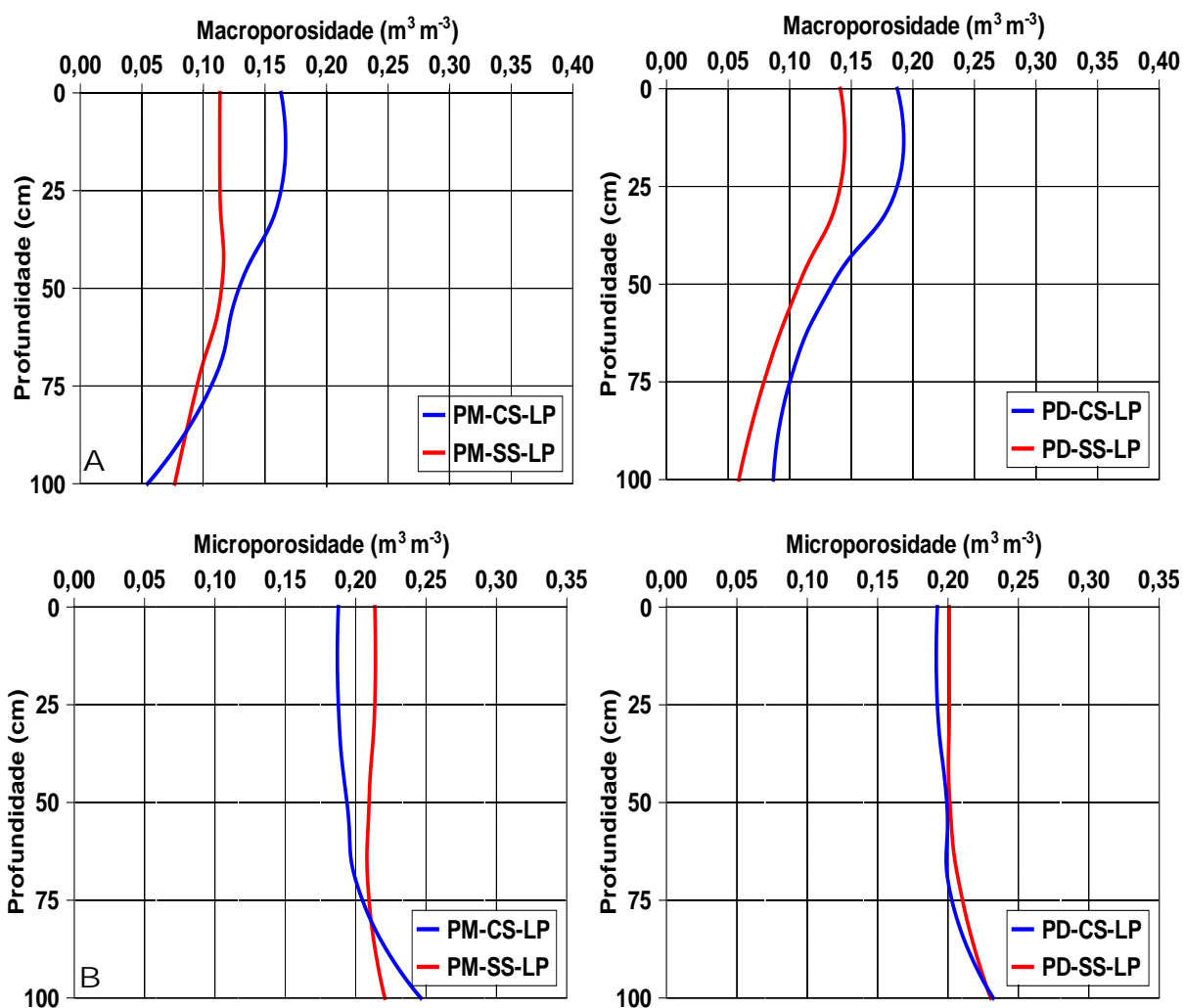


Figura 25 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na macroporosidade (A) e microporosidade (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com laranjeira ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.1.3. Influência do preparo do solo nas densidades do solo e das partículas do solo

A figura 26 ilustra a influência do preparo do solo nas densidades do solo (DS) e das partículas do solo (DP) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 6) mostra que houve efeito significativo do preparo e da profundidade do solo na densidade do solo (Figura 26 A), porém não houve efeitos significativos na densidade das partículas (Figura 26 B).

A densidade do solo aumenta no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade - altos valores de densidade do solo (valor médio = $1,33 \text{ kg dm}^{-3}$) geralmente indicam ocorrência de compactação (compressão da massa do solo por ação antrópica) e/ou adensamento (de origem pedogenética) e,

consequentemente, restrição ao crescimento radicular das plantas, devido à diminuição do calibre dos poros. Na área com plantio de mudas, entretanto, a subsolagem contribuiu para diminuí-la significativamente entre 0 e 40,0 cm de profundidade, aproximadamente (Figura 26 A, esquerda); na área com “plantio direto”, a diminuição ocorreu em todo o volume de solo avaliado (Figura 26 A, direita).

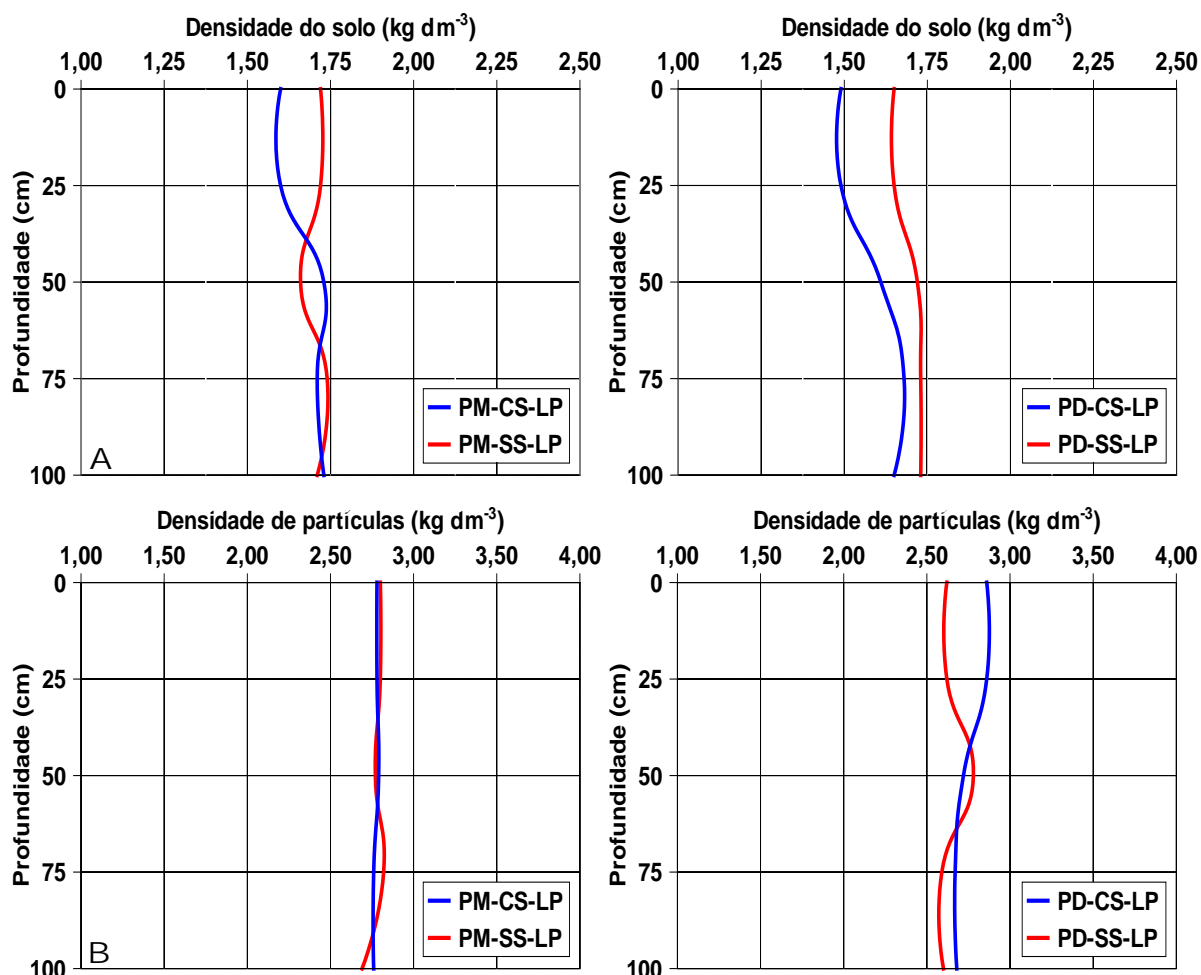


Figura 26 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas densidades do solo (A) e das partículas do solo (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com laranja ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.1.4. Influência do preparo do solo na resistência à penetração

A figura 27 mostra a influência do preparo do solo na resistência mecânica à penetração (RP) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 6) mostra que houve efeito significativo apenas da profundidade do solo:

tal resistência aumenta significativamente no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade.

Na área de plantio de mudas (Figura 27 A), entretanto, a subsolagem contribuiu para diminuí-la no volume de solo situado entre 0 e 35,0 cm de profundidade, aproximadamente; na área de “plantio direto”, tal diminuição ocorreu entre 0 e 50,0 cm de profundidade (Figura 27 B).

Valores de resistência mecânica do solo à penetração maiores do que 2,0 MPa (limite crítico considerado/reconhecido por pesquisadores para a maioria das culturas econômicas) restringem o crescimento radicular das plantas. Para Malavolta & Violante Neto (1989), a deficiente aeração do solo e a elevada resistência à penetração são os indicadores físicos de qualidade do solo que mais restringem o crescimento radicular dos citros.

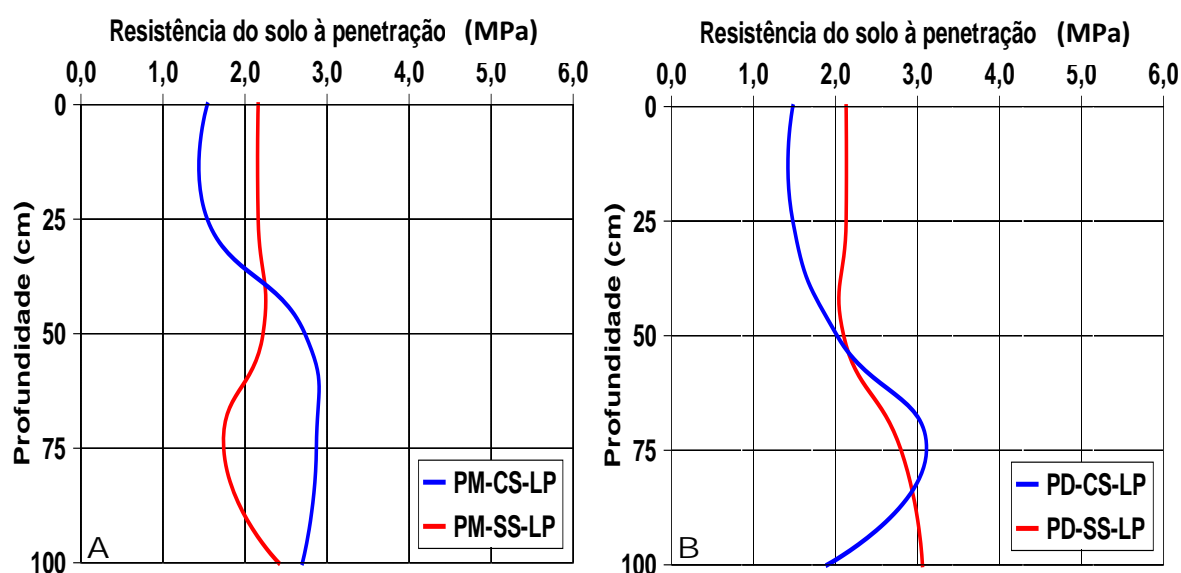


Figura 27 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na resistência mecânica à penetração das áreas de plantio de mudas (A) e de “plantio direto” (B) cultivadas com laranjeira ‘Pera’(LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.1.5. Influência do preparo do solo na capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível no solo

A figura 28 mostra as influências do preparo do solo na capacidade de campo (pK10), ponto de murcha permanente (pK1500) (Figura 28 A e B, respectivamente) e água disponível (AD) (Figura 28 C) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”.

A análise de variância (Quadro 6) mostra que, para a capacidade de campo e ponto de murcha permanente, houve efeito significativo da profundidade do solo e da interação preparo do solo/profundidade do solo; para a água disponível, houve efeito significativo apenas da profundidade do solo.

De uma maneira geral, independentemente do preparo do solo e da área de plantio, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente aumentam ao longo do perfil, em todo o volume de solo avaliado (Figura 28 A e B, respectivamente) - certamente devido ao aumento do teor de argila.

A água disponível tende a diminuir ao longo do perfil do solo (Figura 28 C) – provavelmente devido ao maior aumento relativo do ponto de murcha permanente em relação à capacidade de campo, causado pelas forças matriciais (adsorção na superfície das argilas + tensão superficial nos microporos do solo).

Ao contribuir para o aumento da porosidade, a subsolagem contribuiu indiretamente para aumentar a retenção/armazenagem de água no solo nas áreas avaliadas – o que beneficia o crescimento e desenvolvimento das plantas.

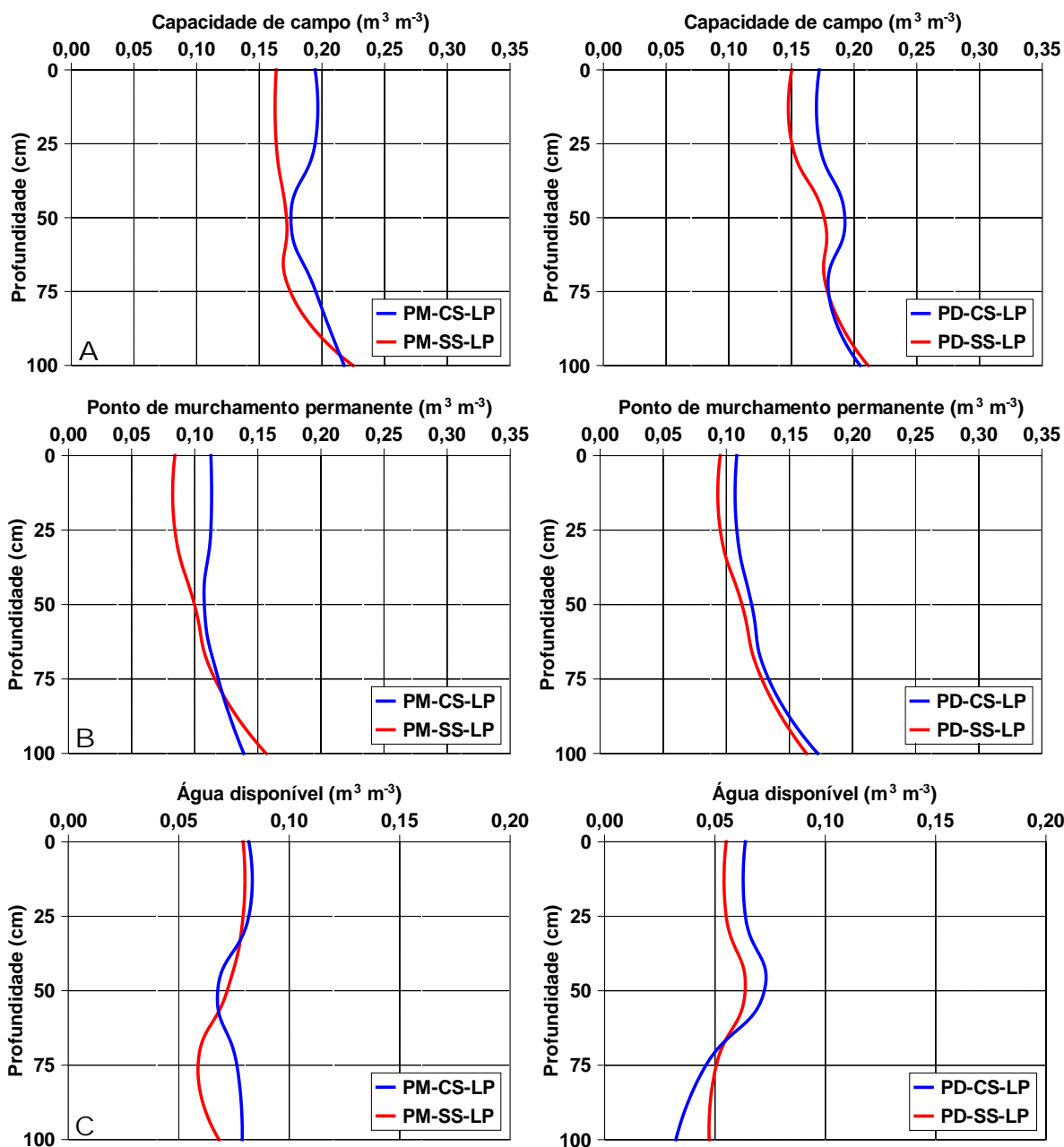


Figura 28 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas estimativas da capacidade de campo (A), ponto de murcha permanente (B) e água disponível (C) das áreas com plantio de mudas (PM) e “plantio direto” (PD) cultivadas com laranja ‘Pera’ (LP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.2. CRESCIMENTO RADICULAR DAS PLANTAS

1.2.1. Densidade de raízes na linha de plantio

O quadro 7 refere-se à análise de variância da influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de laranjeira ‘Pera’ na linha de plantio (RL), nos diferentes pontos de amostragem. Considerando-se exclusivamente a última coluna desse quadro (RL total), percebe-se que houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) da profundidade do solo e da interação preparo do solo/profundidade do solo.

Quadro 7 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) na linha de plantio (RL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig)				
	RL30	RL60	RL120	RL200	RL TOTAL
Preparo	0,974	0,786	0,716	0,392	0,777
Sistema	0,704	0,483	0,152	0,273	0,165
Profundidade	0,001	0,038	0,097	0,000	0,000
Preparo / Sistema	0,248	0,063	0,635	0,683	0,206
Preparo / Profundidade	0,805	0,116	0,308	0,904	0,017
Sistema/ Profundidade	0,992	0,336	0,428	0,673	0,455
Preparo / Sistema / Profundidade	0,321	0,834	0,050	0,552	0,195

Sig ≤0.05

¹Indicadores dos pontos de amostragem: RL (30, 60, 120 e 200) = raízes na linha de plantio e respectivas distâncias (cm) do tronco das plantas.

O quadro 8 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes avaliada nos diferentes pontos de amostragem situados na linha de plantio (RL). A figura 29 foi construída com os valores mostrados na última coluna desse quadro (RL total), avaliados em cada profundidade de amostragem ao longo do perfil do solo. Analisando-se essa figura, percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA situado abaixo de 30 cm de profundidade – certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes (veja Figura 12).

Na área de “plantio direto” (Figura 29 B e D), a subsolagem contribuiu para aumentar significativamente a densidade de raízes ao longo do perfil do solo, o que não ocorreu na área de plantio de mudas (Figura 29 A e C).

Quadro 8 – Influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de Plantio ¹	Preparo do Solo ²	Profundidade Do solo (m)	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ¹				
			RL 30	RL 60	RL 120	RL 200	RL TOTAL
PM	SS	0-0,25	0,1424a	0,0827a	0,1144a	0,0883a	0,4279a
		0,25-0,50	0,1003a	0,1197a	0,0340a	0,0113a	0,2654ab
		0,50-0,75	0,0691a	0,0697a	-0,000a	-0,000a	0,1389b
		0,75-1,00	0,1485a	0,2025a	0,0291a	0,0147a	0,3942a
	CS	0-0,25	0,1623a	0,1100a	0,0855a	0,0951a	0,4530a
		0,25-0,50	0,0453a	0,0591a	0,0408a	0,0212a	0,1665ab
		0,50-0,75	0,0536a	0,0279a	0,0234a	0,0152a	0,1203 b
		0,75-1,00	0,0493a	0,0755a	0,0319a	0,0481a	0,2048ab
PD	SS	0-0,25	0,1556a	0,0933a	0,0671a	0,0765a	0,3928a
		0,25-0,50	0,0648a	0,0461	0,0901a	0,0207a	0,2220a
		0,50-0,75	0,0632a	0,0630	0,1406a	0,0322a	0,2990a
		0,75-1,00	0,0746a	0,1201a	0,1233a	0,0342a	0,3524a
	CS	0-0,25	0,1887a	0,1863a	0,1368a	0,1187a	0,6306a
		0,25-0,50	0,0966a	0,1035a	0,1099a	0,0768a	0,3869b
		0,50-0,75	0,0731a	0,1417a	0,0214a	0,0423a	0,2786b
		0,75-1,00	0,1452a	0,1416a	0,0431a	0,0456a	0,3757b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³RL= raízes na linha de plantio (30, 60, 90, 120 e 200 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na linha de plantio). Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

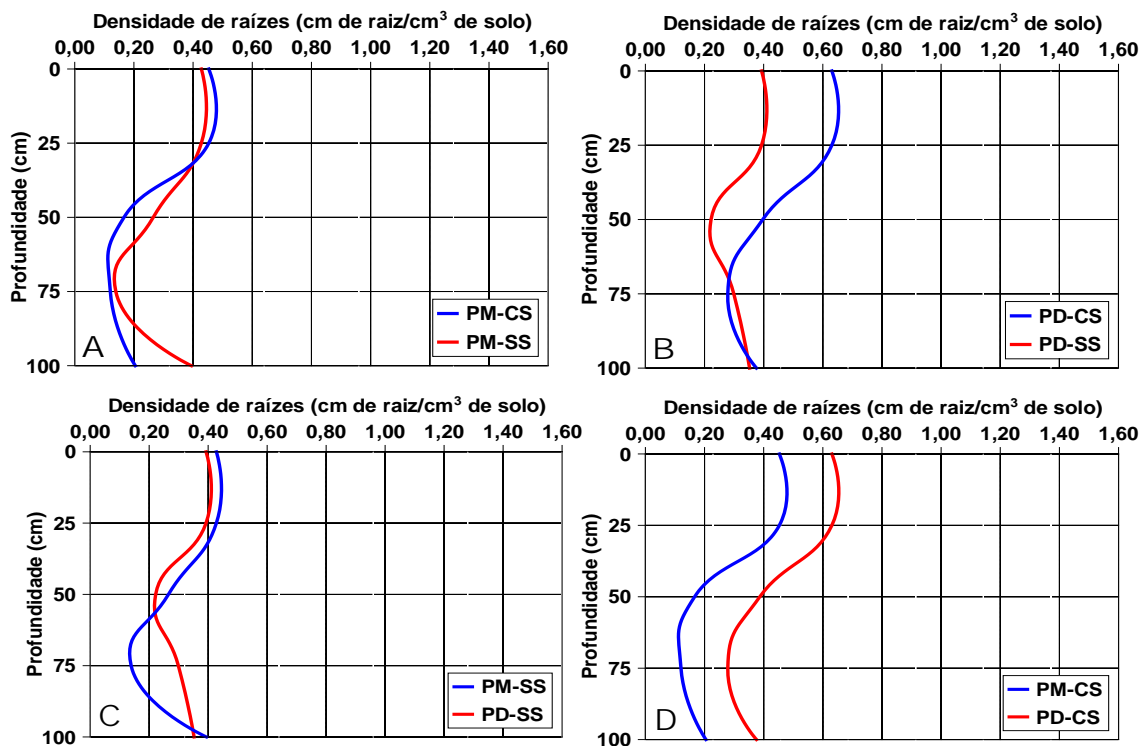


Figura 29 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = "plantio direto") na densidade de raízes de laranjeira 'Pera', enxertada em limoeiro 'Cravo', avaliada na linha de plantio, ao longo do perfil do solo: (A) PM, com e sem subsolagem; (B) PD, com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.2.2. Densidade de raízes na entrelinha de plantio

O quadro 9 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de laranjeira ‘Pera’ na entrelinha de plantio (REL), nos diferentes pontos de amostragem. Considerando-se exclusivamente a última coluna desse quadro (REL total), percebe-se que houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) apenas da profundidade do solo.

Quadro 9 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) na entrelinha de plantio (REL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹					
	REL30	REL60	REL120	REL200	REL300	RELTOTAL
Preparo	0,589	0,941	0,550	0,931	0,653	0,960
Sistema	0,681	0,420	0,736	0,051	0,367	0,896
Profundidade	0,000	0,000	0,052	0,000	0,063	0,000
Preparo / Sistema	0,236	0,097	0,998	0,520	0,089	0,805
Preparo / Profundidade	0,740	0,596	0,822	0,035	0,275	0,734
Sistema/ Profundidade	0,448	0,441	0,531	0,003	0,369	0,819
Preparo / Sistema / Profundidade	0,056	0,288	0,445	0,396	0,580	0,438
	Sig ≤0.05					

¹Indicadores dos pontos de amostragem: REL (30, 60, 120, 200 e 300) = raízes na entrelinha de plantio e respectivas distâncias (cm) do tronco das plantas

O quadro 10 mostra os resultados da influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes avaliada nos diferentes pontos de amostragem situados na entrelinha de plantio (REL). A figura 30 foi construída com os valores mostrados na última coluna desse quadro (REL total), avaliados em cada profundidade de amostragem, ao longo do perfil do solo. Analisando-se essa figura, percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade.

Nas entrelinhas de plantio (não subsoladas) das duas áreas avaliadas, as raízes cresceram mais horizontalmente do que na linha de plantio, expandindo-se no volume de solo situado entre 0 e 25,0 cm de profundidade - o que justifica uma adubação inclusive mais próximo do tronco da planta, e não só na projeção da copa, como sói acontecer.

Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito do preparo do solo no crescimento radicular na entrelinha de plantio.

Quadro 10 – Influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de Plantio ¹	Preparo do Solo ²	Profund. do solo (m)	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) na entrelinha de plantio ³					
			REL 30	REL 60	REL 120	REL 200	REL 300	REL TOTAL
PM	SS	0-0,25	0,1551a	0,1998a	0,1907a	0,1736a	0,1322a	0,8515a
		0,25-0,50	0,0815a	0,0351a	0,1296a	0,1097a	0,0408a	0,3969ab
		0,50-0,75	0,0666a	0,0454a	0,0290a	0,0240b	0,0304a	0,1955b
		0,75-1,00	0,0405a	0,0496a	0,1481a	0,0903a	0,0151a	0,3438ab
	CS	0-0,25	0,2193a	0,2392a	0,1852a	0,2388a	0,0230a	0,9058a
		0,25-0,50	0,0642a	0,0442a	0,0438a	0,0607b	0,0000a	0,2131 b
		0,50-0,75	0,1075a	0,0549a	0,0240a	0,0190b	0,0000a	0,2056 b
		0,75-1,00	0,1818a	0,2728a	0,1625a	0,0112b	-0,000a	0,6284ab
PD	SS	0-0,25	0,2097a	0,3263a	0,2333a	0,0433a	0,0413a	0,8542a
		0,25-0,50	0,0555a	0,1478a	0,0883a	0,0204a	0,0121a	0,3243a
		0,50-0,75	0,0614a	0,0746a	0,1511a	0,0429a	0,0279a	0,3581a
		0,75-1,00	0,1452a	0,1788a	0,1113a	0,0384a	-0,000a	0,4738a
	CS	0-0,25	0,2209a	0,2508a	0,1351a	0,1033a	0,1195a	0,8299a
		0,25-0,50	0,0497b	0,0859a	0,1582a	0,0406a	0,0495a	0,3840a
		0,50-0,75	0,0142b	0,0347a	0,0738a	0,0109a	0,1150a	0,2488a
		0,75-1,00	0,0346b	0,0855a	0,1364a	0,0330a	0,1316a	0,4212a

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³REL= raízes na entrelinha de plantio (30, 60, 90, 120, 200 e 300 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na entrelinha de plantio). Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

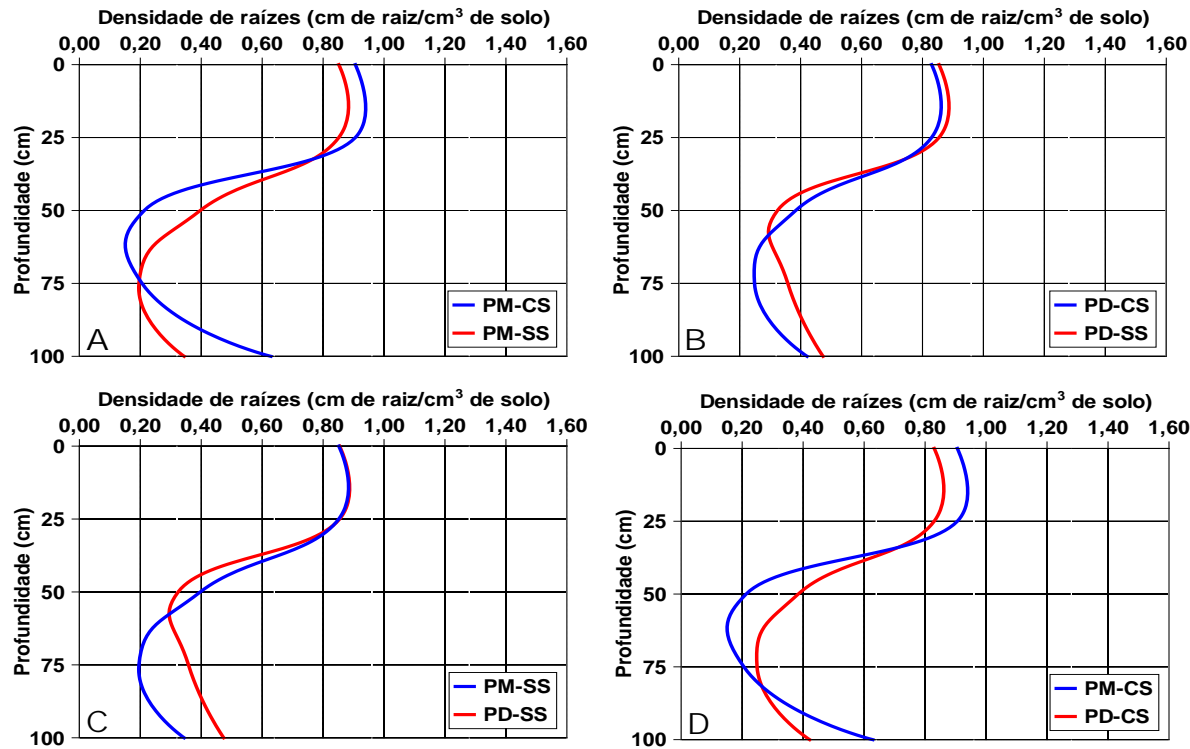


Figura 30 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes avaliada na entrelinha de plantio (REL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) PM, com e sem subsolagem; (B) PD, com e sem subsolagem ; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. . Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.2.3 Densidade total de raízes no volume de solo avaliado

O quadro 11 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (RL + REL) de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, nos diferentes pontos de amostragem, ao longo do perfil do solo. Houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) apenas da profundidade do solo.

Quadro 11 – Análise de variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) (RL + REL) ¹
Preparo	0,866
Sistema	0,515
Profundidade	0,000
Preparo / Sistema	0,776
Preparo / Profundidade	0,696
Sistema/ Profundidade	0,579
Preparo / Sistema / Profundidade	0,319
Sig ≤ 0.05	

¹ RL = linha de plantio; REL = entrelinha de plantio.

O quadro 12 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes no volume de solo avaliado (RE + REL). A figura 31 foi construída com esses valores, avaliados em cada profundidade de amostragem, ao longo do perfil do solo. Analisando-se essa figura percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA – certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes -, e depois aumenta a partir de 75,0 cm de profundidade, possivelmente devido à diminuição do adensamento do solo.

Em números absolutos, a subsolagem contribuiu para aumentar a densidade de raízes ao longo do perfil do solo, porém há maior densidade de raízes na área de “plantio direto”.

A maior densidade de raízes ao longo do perfil do solo nas áreas com “plantio direto” deve-se, provavelmente, à maior pressão de turgor exercida pela raiz pivotante – extirpada nas plantas originárias de mudas. “Ao superar a resistência do solo à penetração, tal pressão facilita a expansão do sistema radicular nos horizontes subsuperficiais do solo” (Camargo e Alleoni, 1997). Para Tinker (1981), “há uma relação direta, positiva e estreita entre o

crescimento radicular das plantas, o volume da copa e a produção agrícola”. É o que se verá adiante.

Quadro 12 – Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (RE + REL) no volume de solo avaliado, cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Profundidade do solo (m)	Total de raízes no volume de solo avaliado (cm de raíz cm ⁻³ de solo) ³
PM	SS	0 - 0,25	1,2794a
		0,25-0,50	0,6623ab
		0,50-0,75	0,3344b
		0,75-1,00	0,7380ab
	CS	0 - 0,25	1,3588a
		0,25-0,50	0,3795b
		0,50-0,75	0,3259b
		0,75-1,00	0,8332ab
PD	SS	0 - 0,25	1,2469a
		0,25-0,50	0,5462a
		0,50-0,75	0,6571a
		0,75-1,00	0,8262a
	CS	0 - 0,25	1,4604a
		0,25-0,50	0,7709ab
		0,50-0,75	0,5274b
		0,75-1,00	0,7969ab

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³RL e REL = raízes na linha e entrelinha de plantio, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

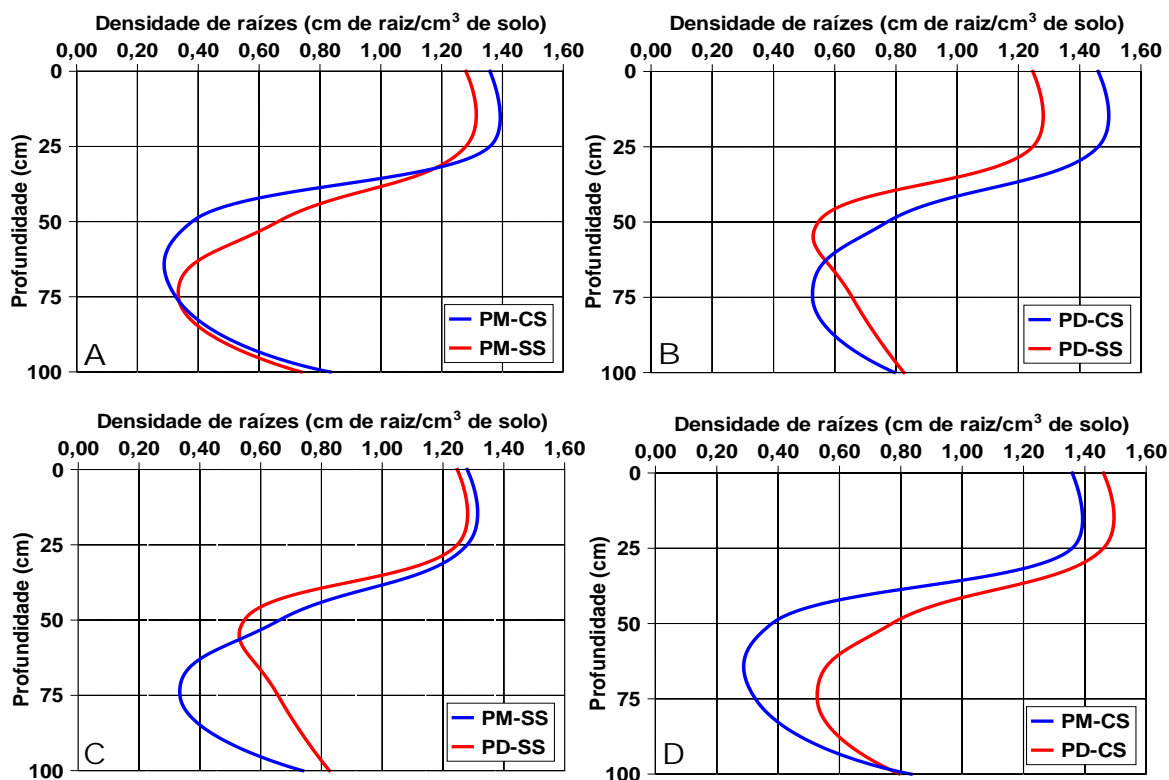


Figura 31 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = "plantio direto") na densidade total de raízes (RL+REL) de laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo', ao longo do perfil: (A) PM, com e sem subsolagem; (B) PD, com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.3. CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS

O quadro 13 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea de laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro "Cravo". Houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤ 0.05) apenas do sistema de plantio.

Quadro 13 – Análise da variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹					
	AP	DTpe	DTe	Ac/pe	DC	VC
Preparo	0,060	0,358	0,529	0,899	0,840	0,843
Sistema	0,000	0,000	0,000	0,049	0,000	0,000
Preparo/Sistema	0,710	0,990	0,940	0,897	0,101	0,254
Sig ≤0.05						

¹Indicadores do crescimento da parte aérea das planta: AP = altura da planta; DTpe = diâmetro do tronco do porta-enxerto; DTe = diâmetro do tronco do enxerto; DC = diâmetro da copa e VC = volume da copa.

1.3.1. Influência do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas

Os resultados do desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea das plantas encontram-se no quadro 14 e figura 32.

Quadro 14 – Desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea da laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do Solo ²	Indicadores de crescimento da parte aérea das plantas ³					
		AP	DC	VC	DTe	DTpe	Ac/pe
PM	SS	139,71a	218,95a	3,57a	7,74a	8,22a	0,94a
	CS	134,38a	210,78a	3,20a	7,54a	7,98a	0,94a
	Média	137,05B	214,87B	3,39B	7,64B	8,10B	0,94A
PD	SS	168,81a	269,69b	8,36a	9,79a	10,79a	0,91a
	CS	177,19a	293,13a	9,52a	9,66a	10,59a	0,91a
	Média	173,0A	281,41A	8,94A	9,73A	10,69A	0,91B

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

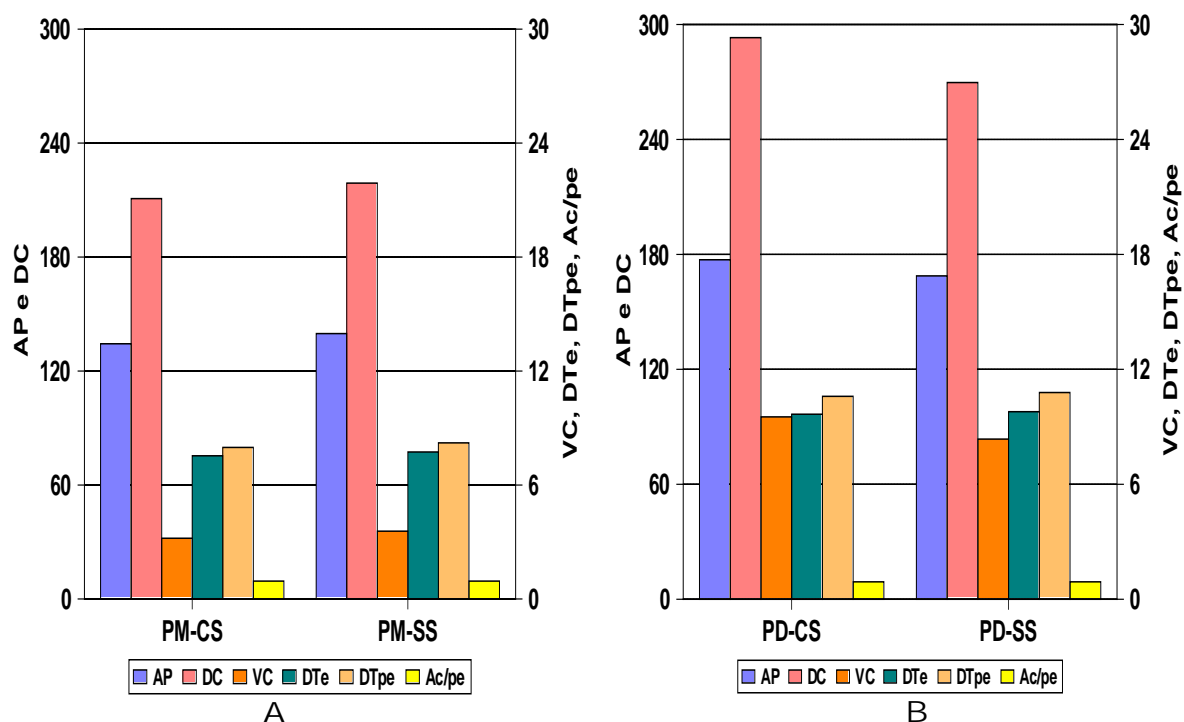


Figura 32 - Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] da laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre plantio de mudas (PM) com e sem subsolagem; (B) comparação entre “plantio direto” (PD) com e sem subsolagem. Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil

1.3.2. Influência do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas

O quadro 15 e figura 33 mostram os resultados do desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea das plantas.

Nas mesmas condições ambientais, independentemente do preparo do solo, o crescimento médio da parte aérea das plantas originárias do “plantio direto” foi significativamente maior que das as plantas originárias do plantio de mudas (Quadro 14) – resultados similares foram obtidos por Santos et al. (2011), Amorim et al. (2013), Carvalho (2013) e Rezende et al. (2013).

Quadro 15 - Desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea da laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Preparo do Solo ¹	Sistema de plantio ²	Indicadores de crescimento da parte aérea das plantas ³					
		AP	DC	VC	DTe	DTpe	Ac/pe
SS	PM	139,71b	218,95b	3,57b	7,74b	8,22b	0,94 ^a
	PD	168,81 ^a	269,69a	8,36a	9,79a	10,79a	0,91a
	Média	154,26^a	244,32A	5,97A	8,77A	9,51A	0,93A
CS	PM	134,38b	210,78b	3,20b	7,54b	7,98b	0,94a
	PD	177,19 ^a	293,12a	9,52a	9,66a	10,59a	0,91a
	Média	155,78^a	251,95A	6,36A	8,60A	9,29A	0,93A

¹SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ²PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ³AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

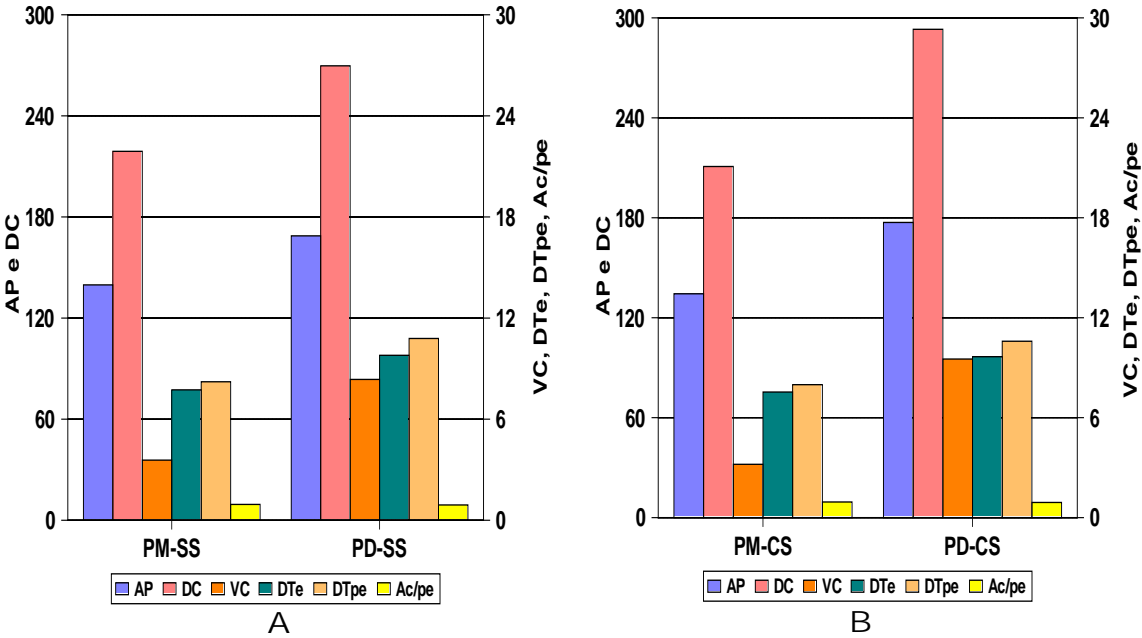


Figura 33 - Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD sem subsolagem (SS); (B) comparação entre PM e PD com subsolagem (CS). Independentemente do preparo do solo, houve efeito significativo do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR

O quadro 16 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Houve efeito significativo ($Sig \leq 0.05$) do preparo do solo, do sistema de plantio e da interação preparo do solo/sistema de plantio na produtividade, e do preparo do solo e sistema de plantio na eficiência produtiva.

Quadro 16 – Análise de variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹		
	PFpl	PFha	EP
Preparo	0,000	0,000	0,051
Sistema	0,000	0,000	0,000
Preparo/Sistema	0,000	0,000	0,066
Sig ≤ 0.05			

¹Indicadores da produtividade do pomar (PFpl = peso de fruto por planta; PFha = peso de frutos por hectare); e da eficiência produtiva` [EP = peso de frutos por planta dividido pelo volume da copa (PFpl VC⁻¹) = kg m⁻³].

1.4.1. Influência do preparo do solo na produtividade e eficiência produtiva do pomar

O quadro 17 e a figura 34 mostram os resultados do desdobramento estatístico de preparo do solo dentro de sistema de plantio referente à produtividade e à eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’.

No plantio de mudas (PM), a subsolagem provocou redução significativa de 7,0 % na produtividade (kg ha⁻¹) do pomar, e aumento não significativo de 4,0 % na eficiência produtiva. (Figura 34, A).

No “plantio direto” (PD), a subsolagem provocou aumentos significativos de 68,0 % na produtividade (kg ha⁻¹) e de 47,0 % na eficiência produtiva (Figura 34, B).

Independentemente do preparo do solo, a produtividade média (kg ha⁻¹) do “plantio direto” foi significativamente maior que a do plantio de mudas. O oposto ocorreu com a eficiência produtiva. A menor eficiência produtiva do “plantio direto” pode estar relacionada com a necessidade de uma adubação compatível com o maior vigor das plantas originárias desse sistema de plantio (o que não ocorreu no presente estudo) e/ou com a localização dos

adubos - em pomares comerciais originários do “plantio direto”, instalados *a posteriori*, tem-se observado que a melhor localização dos adubos é mais próximo do caule das plantas - e não apenas na projeção da copa, prática usualmente recomendada.

Quadro 17 – Desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com a produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do Solo ²	PFpl (kg)	%	PFha (t ha ⁻¹)	%	EP (kg m ⁻³)	%
PM	SS	35,94 ^a	100	14, 975a	100	10,07a	100
	CS	33,47b	93	13, 946b	93	10,46a	104
	Média	34,71B		14,460B		10,27A	
PD	SS	39,88b	100	16, 617b	100	4,77b	100
	CS	66,86 ^a	168	27, 858a	168	7,02a	147
	Média	53,37^a		22,238A		5,90B	

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³PFpl = peso do fruto por planta; PFha = peso de fruto por hectare; EP = eficiência produtiva = PFpl VC⁻¹. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

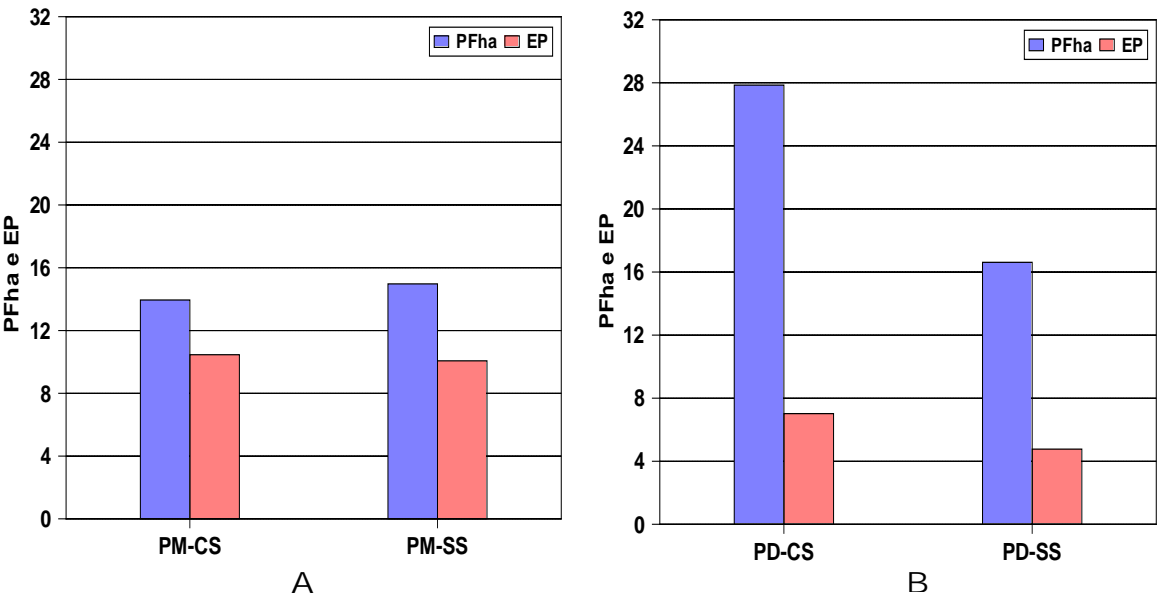


Figura 34 - Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem; SS = sem subsolagem) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) plantio de mudas (PM) com e sem subsolagem; (B) “plantio direto” (PD) com e sem subsolagem. No plantio de mudas, a subsolagem prejudicou significativamente a produtividade dos pomares (não houve efeito significativo na eficiência produtiva); no “plantio direto”, a subsolagem beneficiou significativamente a produtividade e a eficiência produtiva. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

1.4.2. Influência do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar

O quadro 18 e a figura 35 mostram os resultados do desdobramento estatístico de sistema de plantio dentro de preparo do solo, referente à produtividade e eficiência produtiva do pomar. Nas áreas sem subsolagem, a produtividade (kg ha⁻¹) do “plantio direto” (PD) foi 11,0 % maior que a do plantio de mudas (PM), porém a eficiência produtiva foi 53 % menor (Figura 35 A). Nas áreas com subsolagem, a produtividade (kg ha⁻¹) do “plantio direto” (PD) foi 100 % maior que a do plantio de mudas (PM), porém a eficiência produtiva foi 33,0 % menor (Figura 35 B).

Quadro 18 – Desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com a produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Preparo do Solo ¹		PFpl	%	PFha	%	EP	%
		(kg)		(t ha ⁻¹)		(kg m ⁻³)	
SS	PM	35,94b	100	14,975b	100	10,07a	100
	PD	39,88a	111	16,617a	111	4,77b	47
	Média	37,91B		15,796B		7,42A	
CS	PM	33,47b	100	13,946b	100	10,46a	100
	PD	66,86a	200	27,858a	200	7,02b	67
	Média	50,16A		20,902A		8,74A	

¹SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ²PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ³PFpl = peso do fruto por planta; EP = eficiência produtiva (PFpl VC⁻¹); PFha = peso de fruto por hectare. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

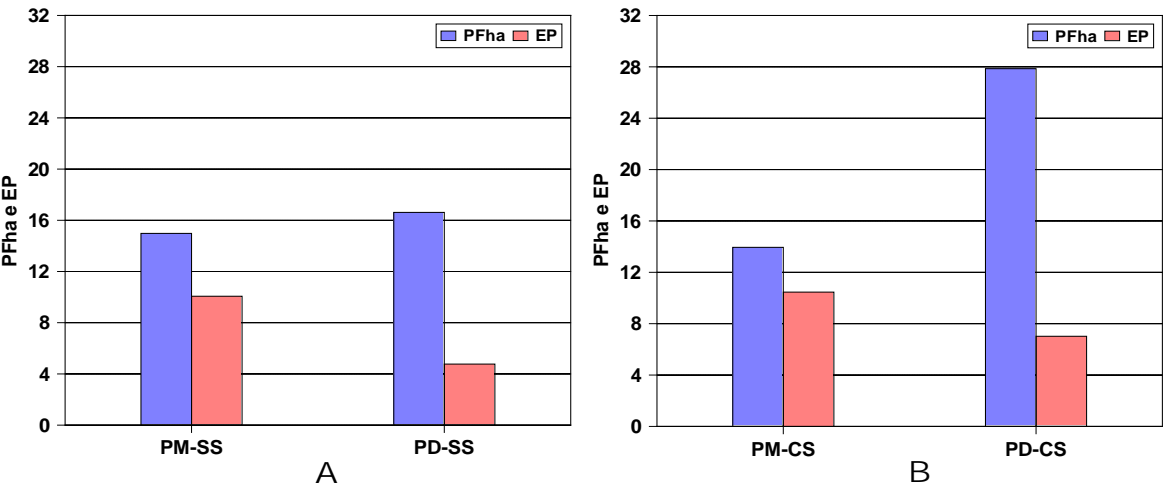


Figura 35 - Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) e do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; (B) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Independentemente do preparo do solo, a produtividade do “plantio direto” foi significativamente maior que a do plantio de mudas; vice-versa para a eficiência produtiva. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

A menor eficiência produtiva do “plantio direto” pode estar relacionada com a necessidade de uma adubação compatível com o maior vigor das plantas originárias desse sistema de plantio (o que não ocorreu no presente estudo) e/ou com a localização dos adubos - em pomares comerciais originários do “plantio direto”, instalados *a posteriori*, tem-se observado que a melhor localização dos adubos é mais próximo do caule das plantas - e não apenas na projeção da copa, prática usualmente recomendada.

O maior vigor das plantas e a maior produtividade de pomares originários do “plantio direto” foram constatados por Santos et al. (2011), Amorim et al. (2013), Carvalho (2013) e Rezende et al. (2013).

2. EXPERIMENTO 2: INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR DE TANGELO ‘PAGE’ ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’

2.1. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

O quadro 19 refere-se á análise de variância da influência do preparo do solo nos indicadores de qualidade do solo do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ — As avaliações foram feitas nas áreas de plantio de mudas e de “plantio direto”. Os efeitos significativos estão destacados nas áreas hachuriadas (Sig <0.05).

Quadro 19 – Análise de variância referente à influência da subsolagem nos indicadores de qualidade do solo cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹									
	PTD	PTC	MAP	MIP	DS	DP	RP	pK10	pK1500	AD
Preparo	0,613	0,027	0,566	0,407	0,046	0,134	0,642	0,049	0,232	0,924
Profundidade	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,192	0,013	0,000	0,000	0,002
Preparo / Prof.	0,858	0,594	0,802	0,257	0,173	0,473	0,223	0,166	0,073	0,110
	Sig ≤0.05									

¹PDT = porosidade total determinada, PTC = porosidade total calculada, MAP = macroporosidade, MIP = microporosidade, DS = densidade do solo, DP = densidade das partículas do solo, RP = resistência mecânica do solo à penetração, pK10 e pK1500 = estimativas da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, respectivamente, AD = água disponível no solo.

2.1.1. Influência do preparo do solo nas porosidades totais determinada e calculada

A figura 36 ilustra a influência do preparo do solo na porosidade total determinada (PTD) e calculada (PTC) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. Houve efeito significativo do preparo do solo na porosidade total determinada, e do preparo e profundidade do solo na porosidade total calculada (Quadro 19).

Na área de “plantio direto”, a subsolagem contribuiu para aumentar significativamente a porosidade determinada no volume de solo situado abaixo de 25,0 cm de profundidade (Figura 36 A, direita); não se verificam efeitos da subsolagem na porosidade determinada da área de plantio de mudas (figura 36 A, esquerda).

Quanto à porosidade calculada (Figura 36 B), a subsolagem contribuiu para aumentá-la: na área de plantio de mudas, o aumento ocorreu no volume de solo situado entre 0 e 60 cm

de profundidade, aproximadamente; na área de “plantio direto”, o aumento, significativo, ocorreu ao longo do perfil do solo.

Independentemente do sistema de plantio, as duas porosidades diminuem no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade - certamente devido ao peculiar adensamento desses horizontes. O aumento da porosidade total do solo proporcionado pela subsolagem é benéficos, pois contribui para a armazenagem e fluxos de ar, água e nutrientes no solo, além de facilitar a penetração radicular ao longo do perfil.

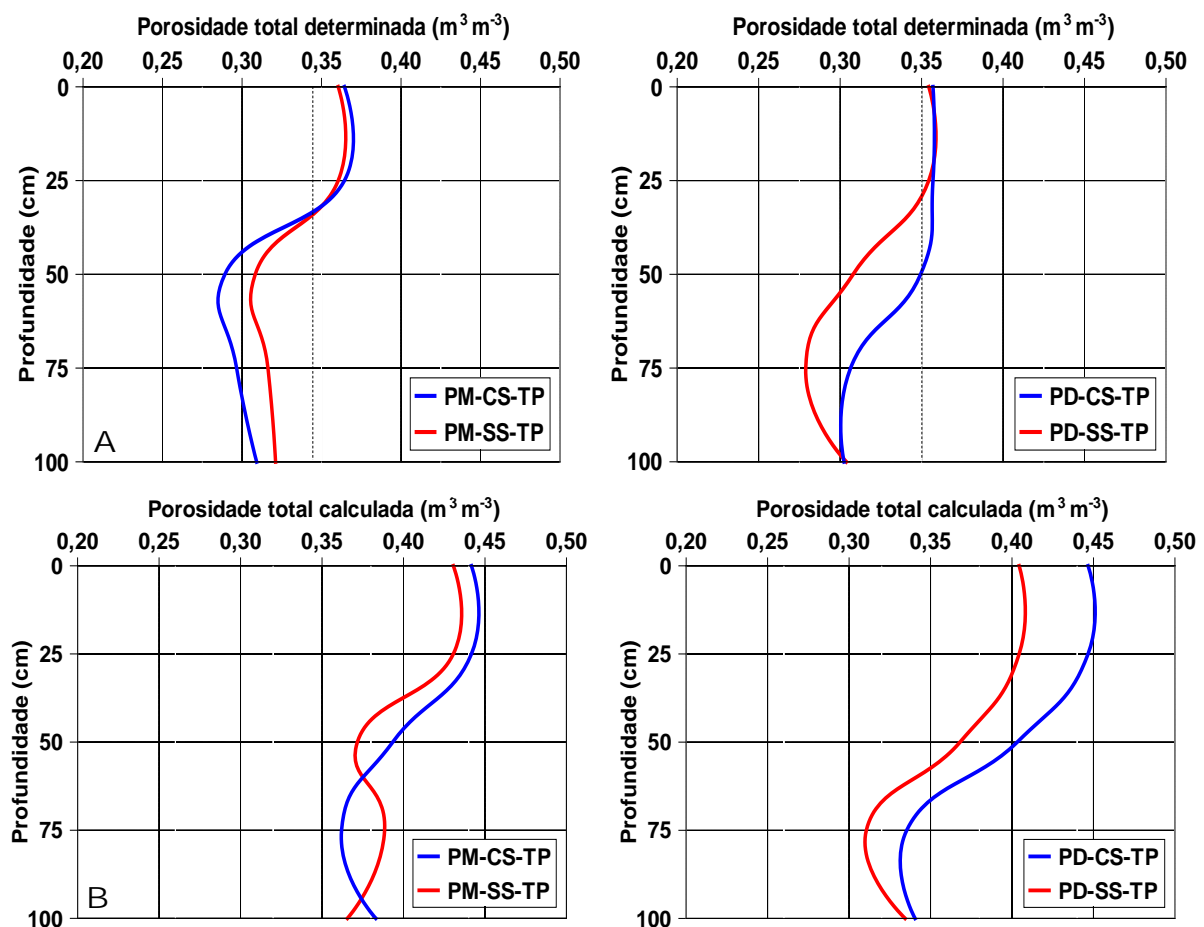


Figura 36 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na porosidade total determinada (A) e na porosidade total calculada (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.1.2. Influência do preparo do solo na macro e microporosidade

A figura 37 ilustra a influência do preparo do solo na macroporosidade (MAP) e microporosidade (MIP) do solo, nas áreas de plantio de mudas e de “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 19) mostra que, para as duas porosidades, houve efeito significativo apenas da profundidade do solo: a macroporosidade diminui ao longo do perfil do solo

(Figura, 37 A), contrariamente ao que ocorre com a microporosidade – neste caso, devido ao aumento do teor de argila (Figura 37 B).

Quando os valores da macroporosidade (porosidade de aeração) são menores do que 10 % indicam restrição à aeração do meio – é o que ocorre, por exemplo, na área de plantio de mudas (Figura 37 A), com e sem subsolagem, abaixo de 50 cm de profundidade.

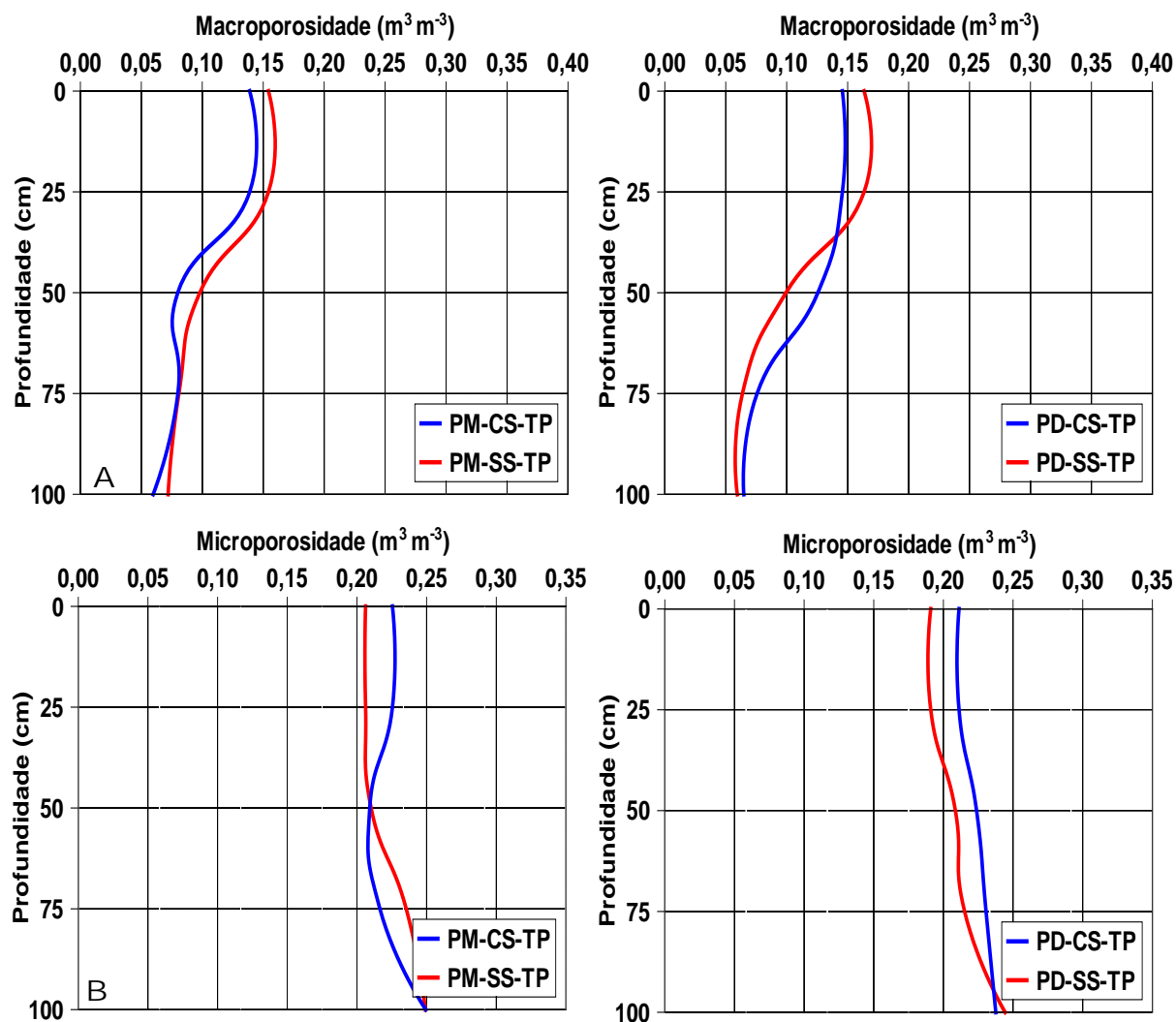


Figura 37 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na macroporosidade (A) e microporosidade (B) do solo das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’ (TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.1.3. Influência do preparo do solo nas densidades do solo e das partículas do solo

A figura 38 ilustra a influência do preparo do solo nas densidades do solo (DS) e das partículas do solo (DP) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 19) mostra que houve efeito significativo do preparo e da profundidade do

solo na densidade do solo (Figura 38 A), porém não houve efeitos significativos na densidade das partículas (Figura 38 B).

A densidade do solo aumenta no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade - altos valores de densidade do solo (valor médio = $1,33 \text{ kg dm}^{-3}$) geralmente indicam ocorrência de compactação e/ou adensamento e, conseqüentemente, restrição ao crescimento radicular das plantas, devido à diminuição do calibre dos poros. Na área com plantio de mudas, a subsolagem contribuiu para diminuí-la entre 0 e 60,0 cm de profundidade, aproximadamente (Figura 38 A, à esquerda); na área com “plantio direto”, a diminuição ocorreu entre 25,0 e 75,0 cm de profundidade (Figura 38 A, à direita).

Quanto à densidade das partículas (Figura 38 B), houve um aumento inexplicável/inesperado provocado pela subsolagem na área de “plantio direto”, no volume de solo situado entre 0 e 40,0 cm de profundidade, aproximadamente - o que não ocorreu na área de plantio de mudas.

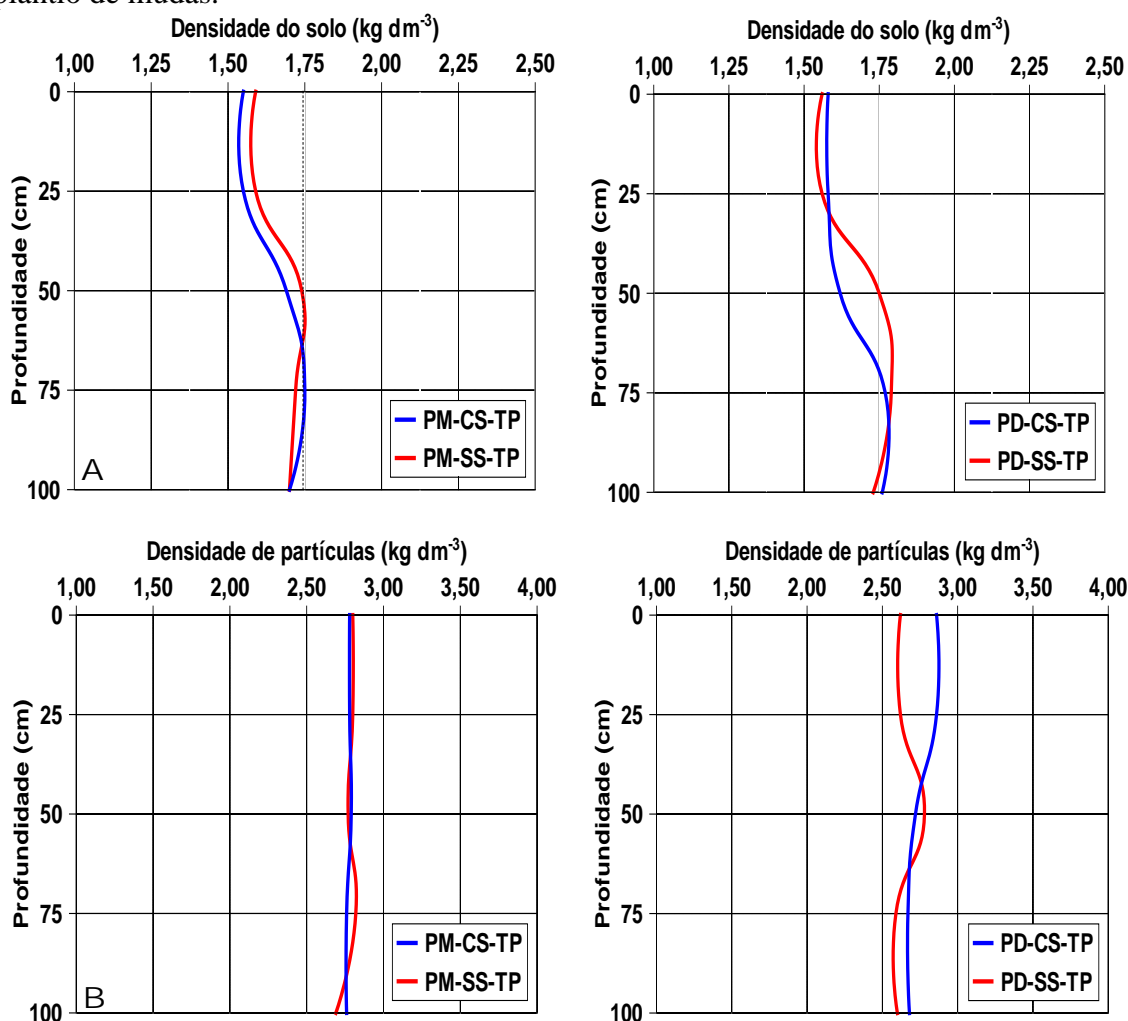


Figura 38 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas densidades do solo (A) e das partículas do solo (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangerino ‘Page’ (TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.1.4. Influência do preparo do solo na resistência à penetração

A figura 39 mostra a influência do preparo do solo na resistência mecânica à penetração (RP) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 19) mostra que houve efeito significativo apenas da profundidade do solo: tal resistência aumenta significativamente no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade.

Inexplicavelmente, na área de plantio de mudas (Figura 39 A) a subsolagem contribuiu para aumentá-la no volume de solo situado abaixo de 50,0 cm de profundidade; na área de “plantio direto”, contribuiu para diminuí-la ao longo do perfil do solo (Figura 39 B).

Valores de resistência mecânica do solo à penetração maiores do que 2,0 MPa (limite crítico considerado/reconhecido por pesquisadores para a maioria das culturas econômicas) restringem o crescimento radicular das plantas. Para Malavolta & Violante Neto (1989), a deficiente aeração do solo e a elevada resistência à penetração são os indicadores físicos de qualidade do solo que mais restringem o crescimento radicular dos citros.

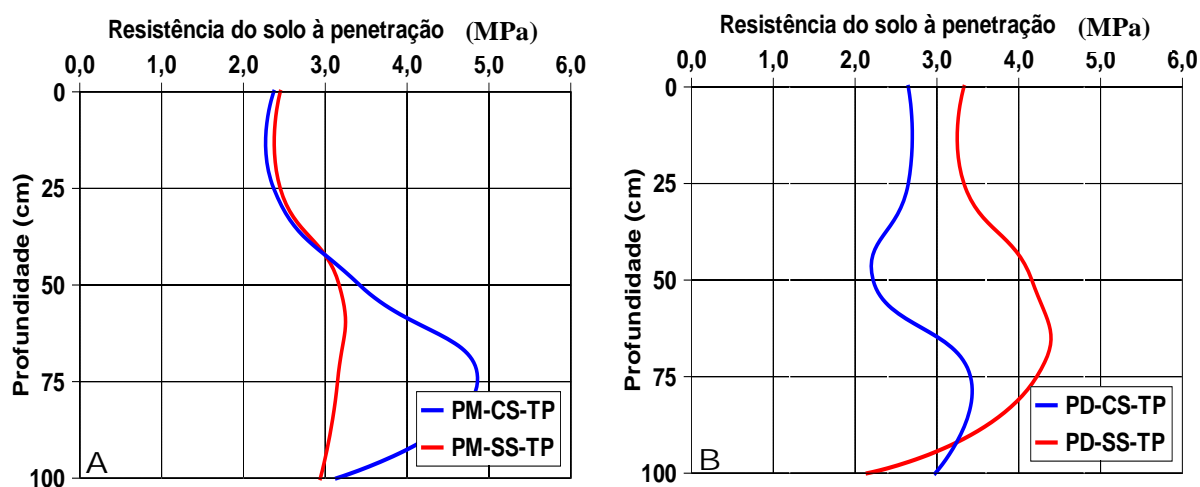


Figura 39 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na resistência mecânica à penetração: (A) das áreas de plantio de mudas (PM) e (B) nas áreas de “plantio direto” (PD), cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.1.5. Influência do preparo do solo na capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível

A figura 40 mostra a influência do preparo do solo na capacidade de campo (pK10), ponto de murcha permanente (pK1500) (Figura 40 A e B, respectivamente) e água disponível (AD) (Figura 40 C) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 19) mostra que, para a capacidade de campo, houve efeito significativo da

profundidade do solo e da interação preparo do solo/profundidade do solo; para o ponto de murcha permanente e água disponível, houve efeito significativo apenas da profundidade do solo. De uma maneira geral, independentemente do preparo do solo e da área de plantio, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente aumentam ao longo do perfil do solo (Figura 40 A e B, respectivamente) - certamente devido ao aumento do teor de argila e, consequentemente, das forças adsortivas; a água disponível tende a diminuir ao longo do perfil do solo (Figura 40 C), exceto na área de plantio de mudas sem subsolagem – resultado aparentemente inexplicável.

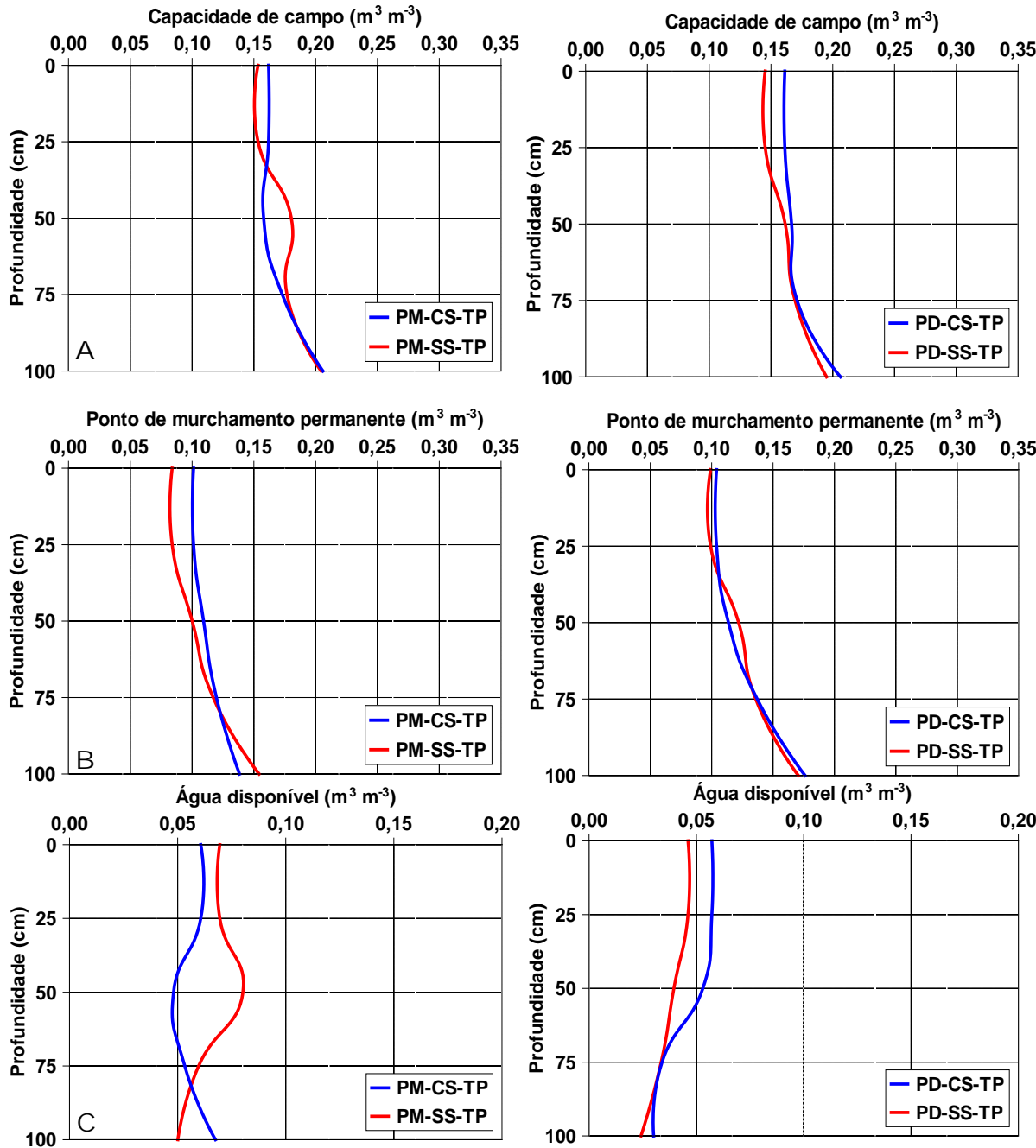


Figura 40 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas estimativas da capacidade de campo (A), ponto de murcha permanente (B) e água disponível (C) da áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com tangelo ‘Page’(TP) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.2. CRESCIMENTO RADICULAR DAS PLANTAS

2.2.1. Densidade de raízes na linha de plantio

O quadro 20 refere-se à análise de variância da influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de tangelo ‘Page’, avaliada na linha de plantio (RL), nos diferentes pontos de amostragem. Considerando-se exclusivamente a última coluna desse quadro (RL total), percebe-se que houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) do sistema de plantio, profundidade do solo e interação preparo do solo / profundidade do solo.

Quadro 20 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) na linha de plantio (RL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹				
	RL30	RL60	RL120	RL200	RL TOTAL
Preparo	0,087	0,363	0,521	0,191	0,934
Sistema	0,044	0,026	0,122	0,345	0,039
Profundidade	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000
Preparo / Sistema	0,355	0,289	0,194	0,104	0,689
Preparo / Profundidade	0,146	0,822	0,667	0,612	0,456
Sistema/ Profundidade	0,521	0,532	0,864	0,906	0,777
Preparo / Sistema / Profundidade	0,697	0,769	0,887	0,821	0,853
Sig ≤0.05					

¹Indicadores dos pontos de amostragem: RL (30, 60, 120 e 200) = raízes na linha de plantio (RL) e respectivas distâncias (cm) do tronco da planta.

O quadro 21 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes avaliada nos diferentes pontos de amostragem situados na linha de plantio (RL). A figura 41 foi construída com os valores mostrados na última coluna desse quadro (RL total), avaliados em cada ponto de amostragem ao longo do perfil do solo.

Analisando-se essa figura percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular das plantas diminuiu no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade — certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes.

Independentemente do preparo do solo, houve maior densidade de raízes ao longo do perfil do solo na área de “plantio direto”.

Quadro 21 – Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes na linha de plantio (RL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do Solo ²	Profundidade do solo (m)	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³ na linha de plantio				
			RL 30	RL 60	RL 120	RL 200	RL TOTAL
PM	SS	0-0,25	0,2903a	0,2300a	0,2002a	0,1556a	0,8763a
		0,25-0,50	0,0602b	0,0798a	0,0748a	0,0418a	0,2568b
		0,50-0,75	0,0561b	0,0775a	0,0832a	0,0394a	0,2563b
		0,75-1,00	0,0372b	0,1076a	0,0684a	0,0411a	0,2544b
	CS	0-0,25	0,2201a	0,1679a	0,1222a	0,1407a	0,6511a
		0,25-0,50	0,0793a	0,0764a	0,0741a	0,0330a	0,2630a
		0,50-0,75	0,0713a	0,0993a	0,0815a	0,0227a	0,2751a
		0,75-1,00	0,0799a	0,0923a	0,1165a	0,0624a	0,3513a
PD	SS	0-0,25	0,3399a	0,2939a	0,2074a	0,1332a	0,9744a
		0,25-0,50	0,0900b	0,0962b	0,0920a	0,0511a	0,3296b
		0,50-0,75	0,0684b	0,1601a	0,1356a	0,0329a	0,3969b
		0,75-1,00	0,1004b	0,1211a	0,1528a	0,0116a	0,3861b
	CS	0-0,25	0,3303a	0,2458a	0,1465a	0,2206a	0,9433a
		0,25-0,50	0,0827b	0,0783a	0,0459a	0,0692a	0,2763b
		0,50-0,75	0,1858a	0,0955a	0,0988a	0,0416b	0,4219ab
		0,75-1,00	0,2092a	0,0925a	0,1197a	0,0896a	0,5111ab

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³RL = raízes na linha de plantio (30, 60, 90, 120 e 200 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na linha de plantio). Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

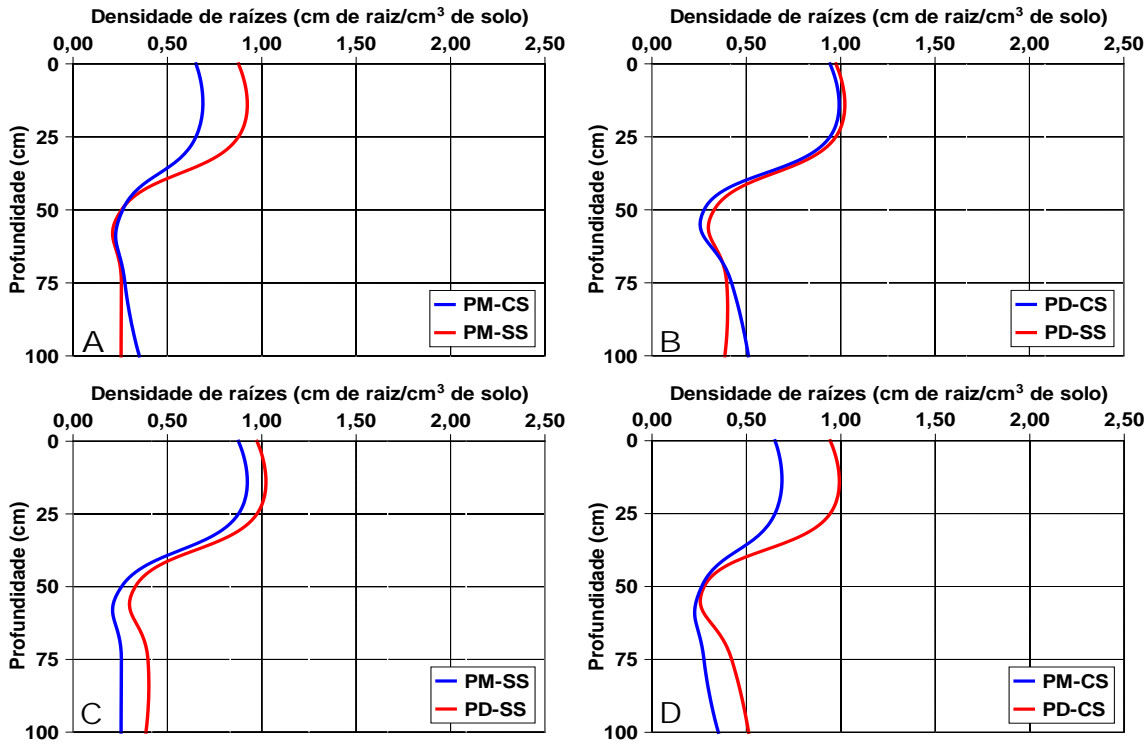


Figura 41 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.2.2. Densidade de raízes na entrelinha de plantio

O quadro 22 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de tangelo ‘Page’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), nos diferentes pontos de amostragem. Considerando-se exclusivamente a última coluna desse quadro (REL total), percebe-se que houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) do sistema de plantio e da profundidade do solo.

Quadro 22 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) na entrelinha de plantio (REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹					
	REL30	REL60	REL120	REL200	REL300	RELTOTAL
Preparo	0,818	0,941	0,841	0,312	0,409	0,698
Sistema	0,038	0,097	0,011	0,654	0,000	0,008
Profundidade	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Preparo / Sistema	0,753	0,279	0,208	0,524	0,528	0,623
Preparo / Profundidade	0,350	0,714	0,197	0,881	0,801	0,707
Sistema/ Profundidade	0,101	0,702	0,555	0,073	0,092	0,126
Preparo / Sistema / Profundidade	0,818	0,502	0,561	0,661	0,984	0,681

Sig ≤0.05

¹Indicadores dos pontos de amostragem: REL (30, 60, 120 e 200 e 300) = raízes na entrelinha de plantio (REL) e respectivas distâncias (cm) do tronco da planta.

O quadro 23 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes avaliada nos diferentes pontos de amostragem situados na entrelinha de plantio (REL). A figura 42 foi construída com os valores mostrados na última coluna desse quadro (REL total), avaliados em cada profundidade de amostragem, ao longo do perfil do solo. Analisando-se essa figura, percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade. Independentemente do preparo do solo, a densidade de raízes na entrelinha do “plantio direto”, ao longo do perfil do solo, é maior do que na entrelinha do plantio de mudas.

Quadro 23 – Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes na entrelinha de plantio (REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de Plantio ¹	Preparo do Solo ²	Profund. do solo (m)	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³ na entrelinha de plantio ¹					
			REL 30	REL 60	REL 120	REL 200	REL 300	REL TOTAL
PM	SS	0-0,25	0,2246a	0,2698a	0,1709a	0,1489a	0,0483a	0,8626a
		0,25-0,50	0,0775a	0,0640b	0,0396a	0,0596a	0,0165a	0,2573b
		0,50-0,75	0,0258a	0,0330b	0,0421a	0,1064a	0,0000a	0,2074b
		0,75-1,00	0,0547a	0,0906a	0,0367a	0,0816a	0,0000a	0,2638b
	CS	0-0,25	0,1820a	0,2162a	0,1939a	0,1034a	0,0654a	0,7610a
		0,25-0,50	0,0784a	0,0724a	0,0729a	0,0346a	0,0316a	0,2900ab
		0,50-0,75	0,0610a	0,0429a	0,0098a	0,0223a	0,0000a	0,1361b
		0,75-1,00	0,0531a	0,0358a	0,0765a	0,0124a	0,0089a	0,1869a
PD	SS	0-0,25	0,3851a	0,2949a	0,2126a	0,2463a	0,1397a	1,2788a
		0,25-0,50	0,0520b	0,0724b	0,1184a	0,0660a	0,0437a	0,3526b
		0,50-0,75	0,0761b	0,1220a	0,1695a	0,0304b	0,0361a	0,4344b
		0,75-1,00	0,0864b	0,0309b	0,0772a	0,0289b	0,0448a	0,2683b
	CS	0-0,25	0,3054a	0,2933a	0,2759a	0,1940a	0,1601a	1,2289a
		0,25-0,50	0,0718b	0,1312a	0,0400b	0,0424a	0,0510b	0,3368b
		0,50-0,75	0,1120a	0,0920b	0,0703b	0,0127a	0,0156b	0,3027b
		0,75-1,00	0,1637a	0,1072a	0,0951a	0,0632a	0,0464b	0,4758b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³REL= raízes na entrelinha de plantio (30, 60, 90, 120, 200 e 300 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na entrelinha de plantio). Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

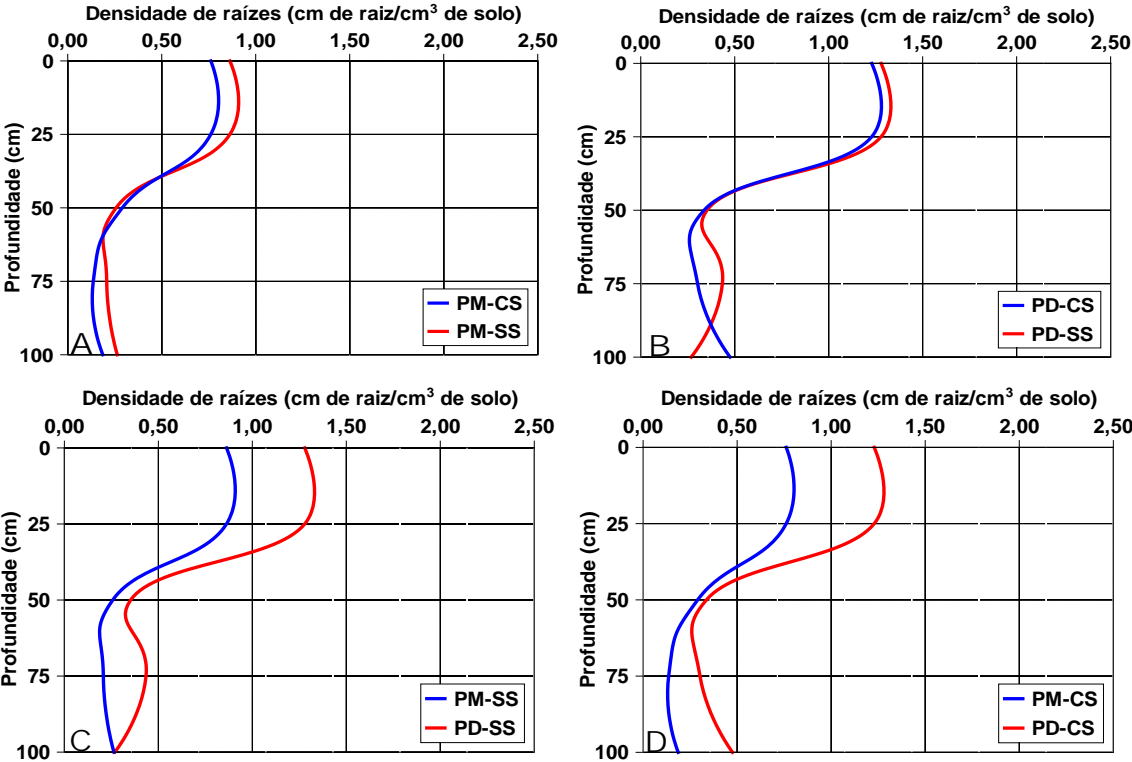


Figura 42 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.2.3. Densidade total de raízes no volume de solo avaliado

O quadro 24 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (RL + REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, nos diferentes pontos de amostragem, ao longo do perfil do solo. Houve efeito significativo apenas do sistema de plantio e da profundidade do solo.

Quadro 24 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) (RL + REL) ¹
Preparo	0,784
Sistema	0,014
Profundidade	0,000
Preparo / Sistema	,643
Preparo / Profundidade	0,456
Sistema/ Profundidade	0,191
Preparo / Sistema / Profundidade	0,759

Sig <0.05

¹Indicadores dos pontos de amostragem: RL (30, 60, 120 e 200) e REL (30, 60, 120, 200 e 300) = raízes na linha E na entrelinha de plantio e respectivas distâncias (cm) do tronco da planta.

O quadro 25 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes no volume de solo avaliado. A figura 43 foi construída com a soma total da densidade de raízes (RE + REL), avaliada em cada profundidade de amostragem, ao longo do perfil do solo. Analisando-se essa figura percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA – certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes -, e depois tende a aumentar a partir de 50,0 cm de profundidade. Independentemente do preparo do solo, a densidade total de raízes ao longo do perfil do solo é maior na área de “plantio direto”.

A maior densidade de raízes ao longo do perfil do solo nas áreas de “plantio direto” deve-se, provavelmente, à maior pressão de turgor exercida pela raiz pivotante – extirpada nas plantas originárias de mudas. “Ao superar a resistência do solo à penetração, tal pressão facilita a expansão do sistema radicular nos horizontes subsuperficiais do solo” (Camargo e Alleoni, 1997). Para Tinker (1981), “há uma relação direta, positiva e estreita entre o crescimento radicular das plantas, o volume da copa e a produção agrícola”. É o que se verá adiante.

Quadro 25 – Influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Profundidade do solo (m)	Total de raízes no volume de solo avaliado (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³
PM	SS	0 - 0,25	1,7389a
		0,25-0,50	0,5141b
		0,50-0,75	0,4636b
		0,75-1,00	0,5181b
	CS	0 - 0,25	1,4121a
		0,25-0,50	0,5529ab
		0,50-0,75	0,4111b
		0,75-1,00	0,5382ab
PD	SS	0 - 0,25	2,2532a
		0,25-0,50	0,6821b
		0,50-0,75	0,8312b
		0,75-1,00	0,6544b
	CS	0 - 0,25	2,1722a
		0,25-0,50	0,6130b
		0,50-0,75	0,7246b
		0,75-1,00	0,9869b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³ RL e REL = raízes na linha e entrelinha de plantio, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

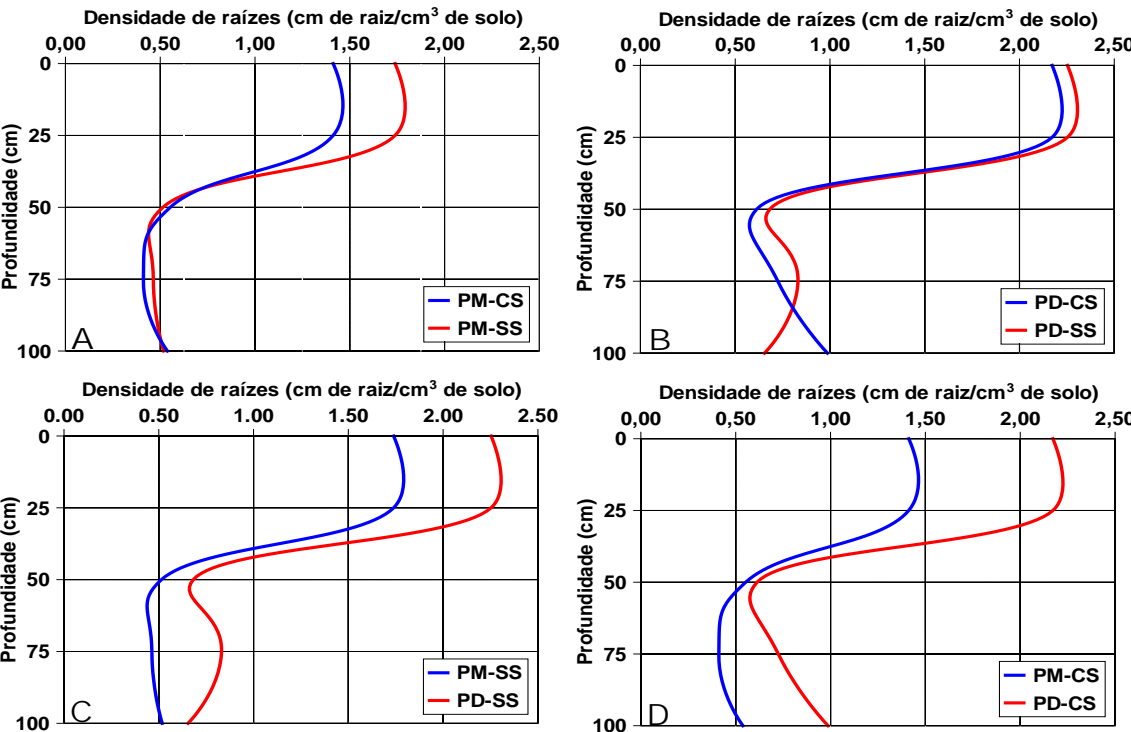


Figura 43 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade total de raízes (RL+REL) de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD, com subsolagem. . Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.3. CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS

O quadro 26 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro “Cravo”. Houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) do sistema de plantio (exceto DTpe) e da interação preparo do solo/sistema de plantio (apenas para DC).

Quadro 26 – Análise da variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea da tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹					
	AP	DTpe	DTe	Ac/pe	DC	VC
Preparo	0,076	0,796	0,656	0,261	0,400	0,288
Sistema	0,000	0,761	0,002	0,000	0,000	0,000
Preparo/Sistema	0,112	0,658	0,343	0,499	0,005	0,065
Sig≤ 0.05						

¹Indicadores do crescimento da parte aérea das plantas: AP = altura da planta; DTpe = diâmetro do tronco do porta-enxerto; DTe = diâmetro do tronco do enxerto; DC = diâmetro da copa e VC = volume da copa.

2.3.1. Influência do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas

O quadro 27 e figura 44 mostram os resultados do desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea das plantas. A análise da variância mostra que, independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo (com e sem subsolagem) nos indicadores de crescimento supracitados.

2.3.2. Influência do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas

O quadro 28 e figura 45 mostram os resultados do desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea das plantas. A análise de variância mostra que houve efeito significativo

(Sig \leq 0,05) do sistema de plantio nos indicadores de crescimento (exceto DTpe) e da interação preparo do solo/sistema de plantio apenas para DC.

Independentemente do preparo do solo, nas mesmas condições ambientais o crescimento médio da parte aérea das plantas oriundas do “plantio direto” foi significativamente maior que o das plantas oriundas do plantio de mudas – resultados similares foram obtidos por Santos et al. (2011), Amorim et al. (2013), Carvalho (2013) e Rezende et al. (2013).

Quadro 27 - Desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea da tangelo 'Page' enxertada em limoeiro 'Cravo'. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do Solo ²	Indicadores de crescimento da parte aérea das plantas ³					
		AP	DC	VC	DTe	DTpe	Ac/pe
PM	SS	155,89a	274,77a	6,20a	8,67a	10,42a	0,83a
	CS	153,75a	256,59a	5,33a	9,03a	10,64a	0,85a
	Média	154,82B	265,68B	5,77B	8,85B	10,53A	0,84B
PD	SS	172,50a	307,19a	8,58a	9,79a	10,79a	0,91a
	CS	165,00a	320,00a	8,88a	9,66a	10,59a	0,91a
	Média	168,75A	313,59A	8,73A	9,73A	10,69A	0,91A

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p \leq 0,05).

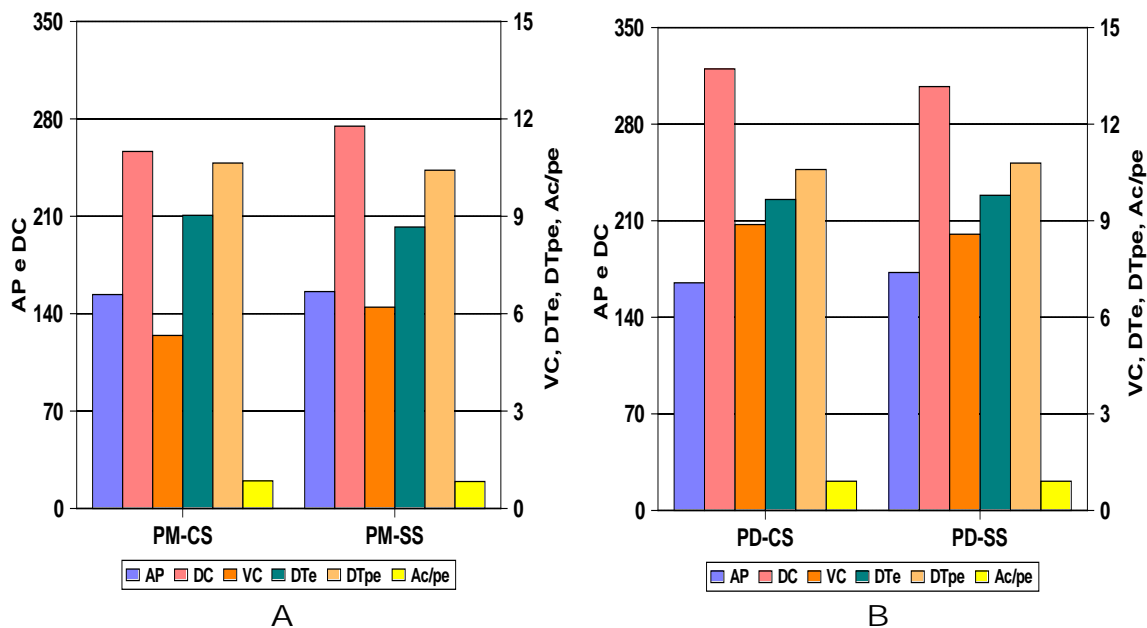


Figura 44 - Influência do preparo (CS = com subsolagem; SS = sem subsolagem) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de tangerino ‘Page’ enxertado em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre plantio de mudas (PM) com subsolagem (CS) e sem subsolagem (SS); (B) comparação entre “plantio direto” (PD) com subsolagem (CS) e sem subsolagem (SS). Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Quadro 28 - Desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea da tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Preparo do Solo	Sistema de plantio ²	Indicadores de crescimento da parte aérea das plantas ³					
		AP	DC	VC	DTe	DTpe	Ac/pe
SS	PM	155,89b	274,77b	6,20b	8,67b	10,42a	0,83b
	PD	172,50a	307,19a	8,58a	9,79a	10,79a	0,91a
	Média	164,20A	290,98A	7,39A	9,23A	10,61A	0,87A
CS	PM	153,75b	256,59b	5,33b	9,03a	10,64a	0,85b
	PD	165,00a	320,00a	8,88a	9,66a	10,59a	0,91a
	Média	159,38 A	288,30A	7,11A	9,35A	10,62A	0,88A

¹SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ²PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ³AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

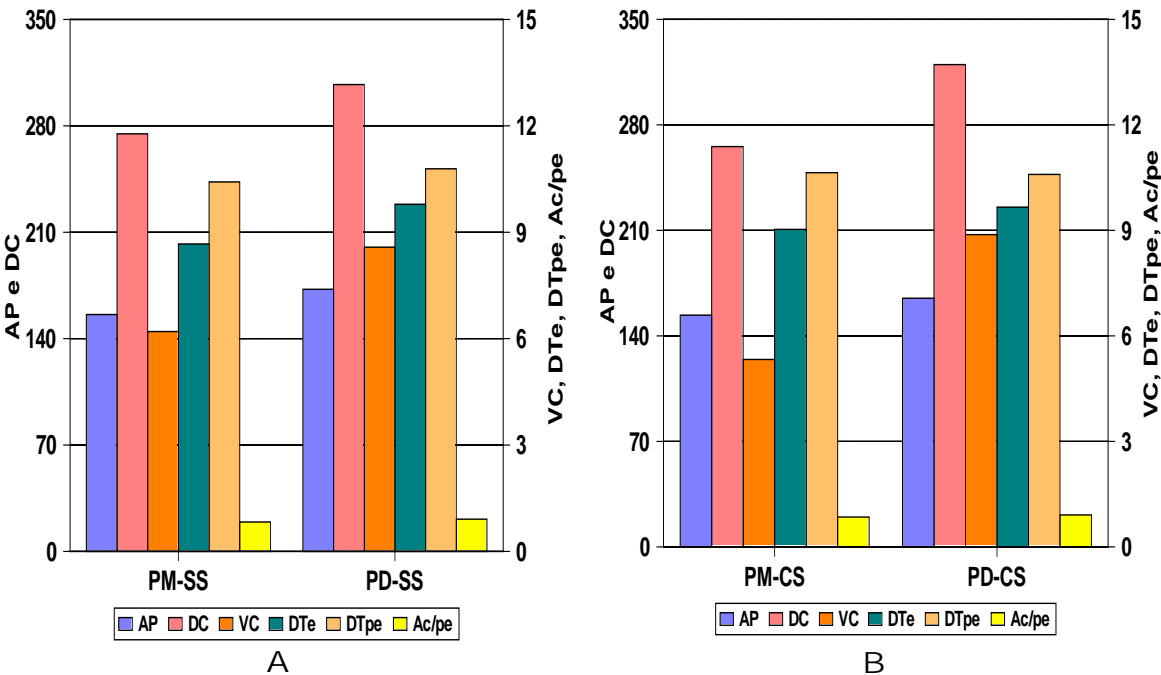


Figura 45 - Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; (B) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Independentemente do preparo do solo, houve efeito significativo do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

2.4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO POMAR

O quadro 29 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro “Cravo”. Houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) do preparo do solo e do sistema de plantio na produtividade; e de preparo do solo, sistema de plantio e interação preparo do solo /sistema de plantio na eficiência produtiva.

Quadro 29 – Análise de variância referente à influência do preparo do solo, sistema de plantio e interação preparo do solo/sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹		
	PFpl	PFha	EP
Preparo	0,000	0,000	0,000
Sistema	0,014	0,005	0,000
Preparo/Sistema	0,233	0,925	0,029
Sig ≤0.05			

¹Indicadores: da produtividade do pomar (PFpl = peso de fruto por planta; PFha = peso de frutos por hectare); e da eficiência produtiva` [EP = peso de frutos por planta dividido pelo volume da copa (PFpl VC⁻¹) = kg m⁻³].

2.4.1. Influência do preparo do solo na produtividade e eficiência produtiva do pomar

O quadro 30 e a figura 46 mostram os resultados do desdobramento estatístico de preparo do solo dentro de sistema de plantio referente à produtividade e à eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’.

No plantio de mudas (PM), a subsolagem provocou aumento significativo de 53 % na produtividade e aumento significativo de 78,0 % na eficiência produtiva. (Figura 46 A).

No “plantio direto” (PD), a subsolagem provocou aumento significativo de 39,0 % na produtividade e aumento significativo de 34,0 % na eficiência produtiva (Figura 46 B).

Independentemente o sistema de plantio, a produtividade média e a eficiência produtiva das áreas subsoladas foram significativamente maiores que à das áreas não subsoladas (Quadro 31).

Quadro 30 - Desdobramento estatístico de preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com produtividade e eficiência produtiva da tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do Solo ²	PFpl (kg)	%	PFha (t ha ⁻¹)	%	EP (kg m ⁻³)	%
PM	SS	11,49b	100	4,788b	100	1,85b	100
	CS	17,60a	153	7,333a	153	3,30a	178
	Média	14,55B		6,060B		2,58A	
PD	SS	14,35b	100	5,979b	100	1,71b	100
	CS	19,94a	139	8,308a	139	2,29a	134
	Média	17,15A		7,144A		2,00B	

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³PFpl = peso do fruto por planta; EP = eficiência produtiva (PFpl VC⁻¹); PFha = peso de fruto por hectare. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

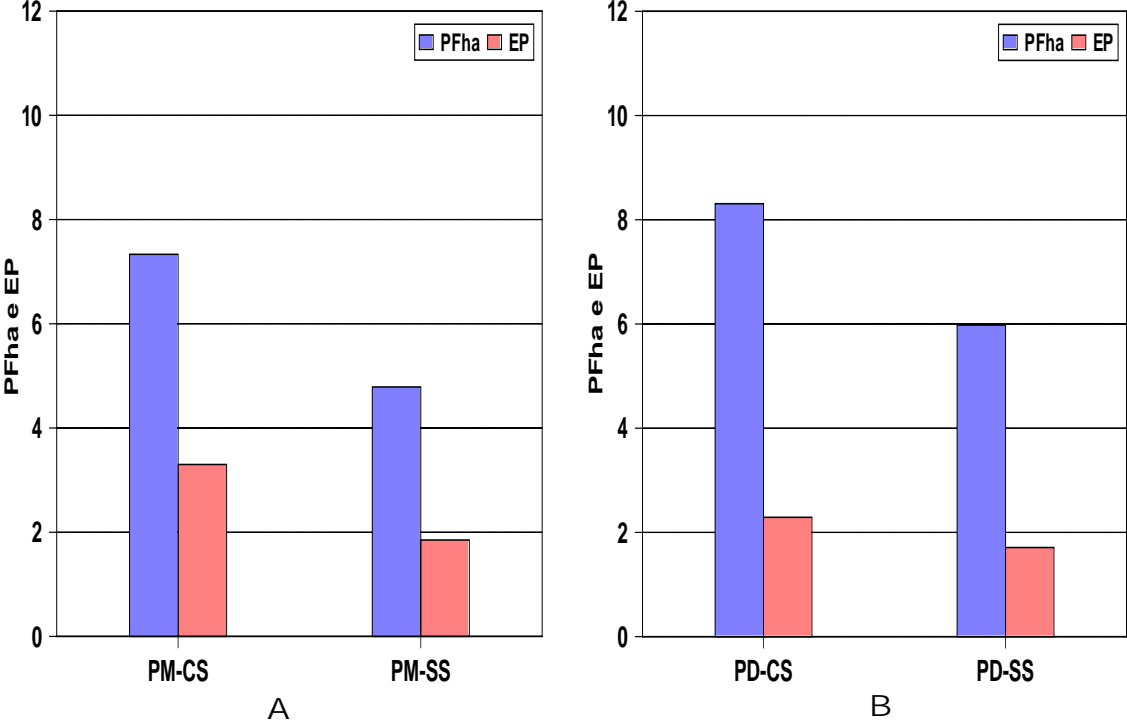


Figura 46 - Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM =plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM com e sem subsolagem; (B) comparação entre PD com e sem subsolagem. Independentemente do sistema de plantio, a subsolagem contribuiu para aumentar significativamente a produtividade e a eficiência produtiva dos pomares.

2.4.2. Influência do sistema de plantio na produtividade e eficiência produtiva do pomar

O quadro 31 e a figura 47 mostram os resultados do desdobramento estatístico de sistema de plantio dentro de preparo do solo, referente à produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo 'Page'.

Nas áreas sem subsolagem, a produtividade do "plantio direto" (PD) foi 25,0 % maior que a do plantio de mudas (PM), porém a eficiência produtiva foi 8,0 % menor (Figura 47 A).

Nas áreas com subsolagem, a produtividade do "plantio direto" (PD) foi 13 % maior que a do plantio de mudas (PM), porém a eficiência produtiva foi 31,0 % menor (Figura 47 B).

A menor eficiência produtiva do "plantio direto" pode estar relacionado com a necessidade de uma adubação compatível com o maior vigor das plantas (o que não ocorreu no presente estudo) e/ou com a localização dos adubos - em pomares comerciais originários do "plantio direto", instalados *a posteriori*, tem-se observado que a melhor localização dos adubos é mais próximo do caule das plantas - e não apenas na projeção da copa, prática usualmente recomendada.

Independentemente do preparo do solo, a produtividade média do "plantio direto" foi significativamente maior que a do plantio de mudas. O oposto ocorreu com a eficiência produtiva (Quadro 30).

O maior vigor das plantas e a maior produtividade de pomares originários do "plantio direto" foram constatados por Santos et al. (2011), Amorim et al. (2013), Carvalho (2013) e Rezende et al. (2013).

Quadro 31 - Desdobramento estatístico de sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com produtividade e eficiência produtiva da tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Preparo do Solo ¹	Sistema de plantio ²	PFpl (kg)	%	PFha (t ha ⁻¹)	%	EP (kg m ⁻³)	%
SS	PM	11,49b	100	4,788b	100	1,85a	100
	PD	14,35a	125	5,979a	125	1,71a	92
	Média	12,92B		5,383B		1,78B	
CS	PM	17,60b	100	7,333b	100	3,30a	100
	PD	19,94a	113	8,308a	113	2,29b	69
	Média	18,77A		7,821A		2,80A	

¹SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ²PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ³PFpl = peso do fruto por planta; EP = eficiência produtiva (PFpl VC⁻¹); PFha = peso de fruto por hectare. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

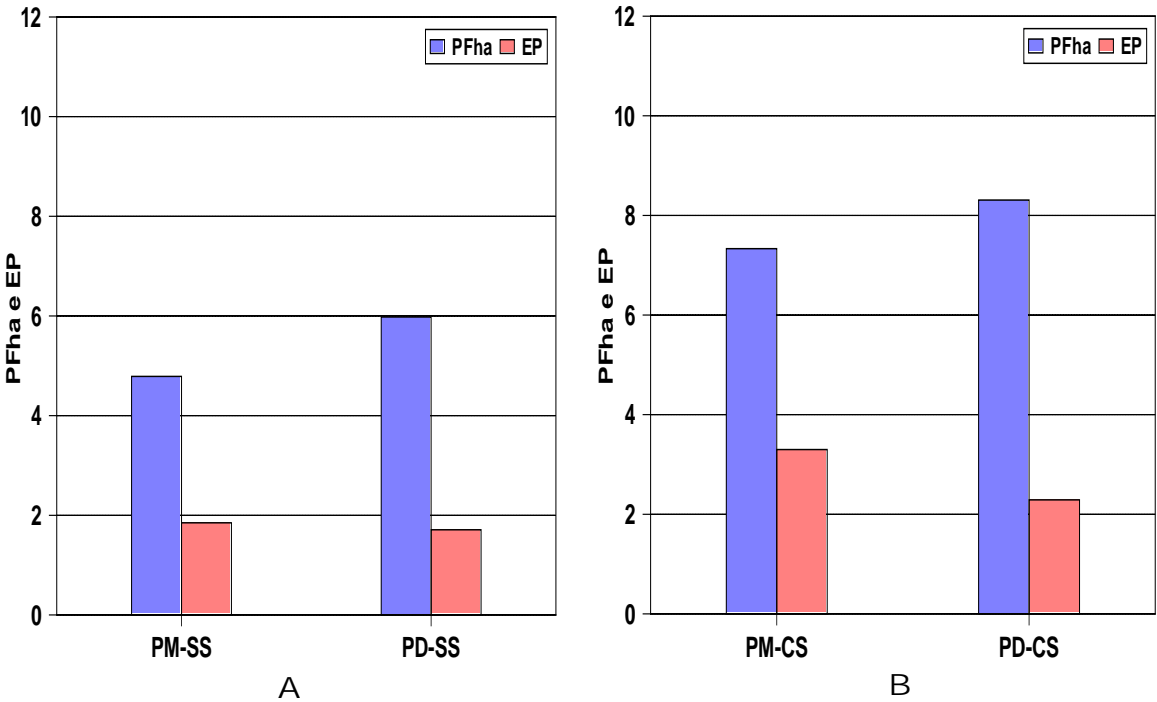


Figura 47 - Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) e do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) na produtividade e eficiência produtiva do pomar de tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) comparação entre PM e PD, sem subsolagem; (B) comparação entre PM e PD, com subsolagem. Independentemente do preparo do solo, a produtividade do “plantio direto” foi significativamente maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi significativamente e menor.

3. EXPERIMENTO 3: INFLUÊNCIAS DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO DE LIMEIRA ‘TAHITI’ ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’

3.1. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

O quadro 32 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo nos indicadores de qualidade do solo do pomar de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ — As avaliações foram feitas nas áreas de plantio de mudas e de “plantio direto”. Os efeitos significativos estão destacados nas áreas hachuriadas (Sig <0.05).

Quadro 32 – Análise de variância referente à influência da subsolagem nos indicadores de qualidade do solo cultivado com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹									
	PTD	PTC	MAP	MIP	DS	DP	RP	pK10	pK1500	AD
Preparo	0,339	0,054	0,104	0,755	0,385	0,134	0,045	0,424	0,109	0,254
Profundidade	0,000	0,000	0,000	0,141	0,000	0,192	0,142	0,000	0,000	0,000
Prep / Prof	0,143	0,474	0,116	0,231	0,496	0,473	0,002	0,839	0,194	0,618

Sig ≤0,05

¹Indicadores da qualidade do solo: PDT = porosidade total determinada, PTC = porosidade total calculada; MAP = macroporosidade, MIP = microporosidade, DS = densidade do solo, DP = densidade das partículas do solo, RP = resistência mecânica do solo à penetração, pK10 e PK1500 = estimativas da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, respectivamente, AD = água disponível no solo.

3.1.1. Influência do preparo do solo nas porosidades totais determinada e calculada

A figura 48 ilustra a influência do preparo do solo na porosidade total determinada (PTD) e na porosidade total calculada (PTC) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 32) mostra que houve efeito significativo da profundidade solo: independentemente do sistema de plantio, ambas diminuem no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade - certamente devido ao adensamento característico desses horizontes (veja Figura 12).

A figura 48 A mostra que na área de plantio de mudas, a subsolagem contribuiu para aumentar (em valores absolutos) a porosidade total determinada no volume de solo situado entre 0 e 55,0 cm de profundidade, aproximadamente; na área de “plantio direto”, o aumento ocorreu no volume de solo situado entre 0 e 65,0 cm de profundidade, aproximadamente.

Quanto à porosidade total calculada (Figura 48 B), independentemente do sistema de plantio, a subsolagem contribuiu para aumentá-la, em valores absolutos, no volume de solo situado entre 0 e 60,0 cm de profundidade, aproximadamente.

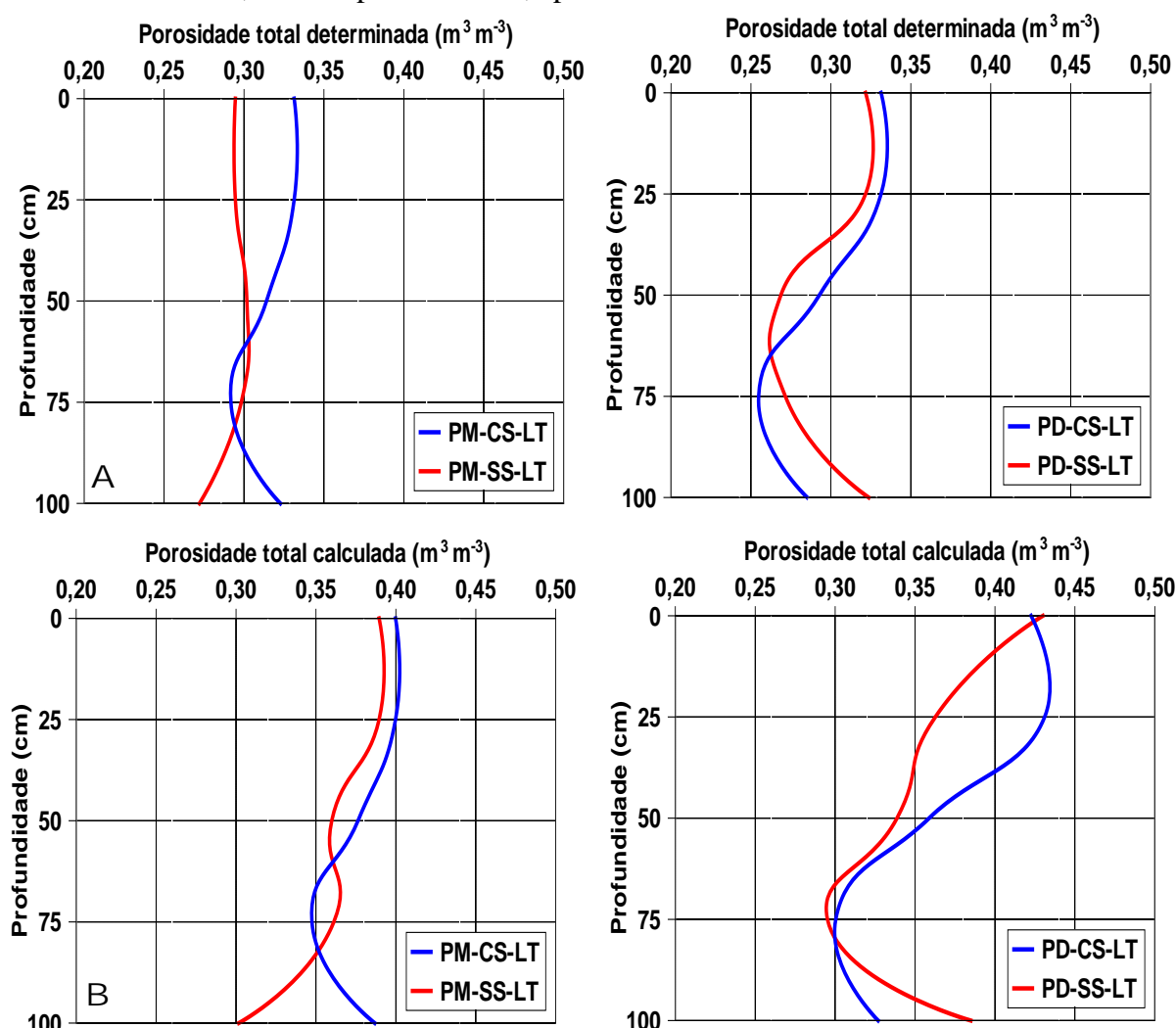


Figura 48 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas porosidade total determinada (A) e na porosidade total calculada (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.1.2. Influência do preparo do solo na macro e microporosidade

A figura 49 ilustra a influência do preparo do solo (com e sem subsolagem) na macroporosidade (MAP) e microporosidade (MIP) do solo, nas áreas de plantio de mudas e de “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 32) mostra que houve efeito significativo da profundidade do solo na macroporosidade, e que não houve efeitos significativos na microporosidade (Figura 49 B).

A figura 49 A mostra que, independente da área de plantio, a macroporosidade diminuiu no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo

de 30 cm de profundidade – certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes -, contrariamente ao que ocorre com a microporosidade – neste caso, certamente devido ao aumento do teor de argila ao longo do perfil do solo.

Independentemente da área de plantio, a subsolagem contribuiu para aumentar a macroporosidade no volume de solo situado entre 0 e 75,0 cm de profundidade, porém não suficientemente para proporcionar boa aeração do meio – quando o valor da macroporosidade (porosidade de aeração) é menor do que 10 %, indica que a aeração do solo é inadequada para o crescimento de plantas – é o que ocorreu em toda a extensão do volume de solo avaliado, independentemente da área de plantio. Uma boa distribuição no volume de macro e microporos (aceita-se, geralmente, a proporção 1:1 ou 1:2, respectivamente) é benéfica para a armazenagem e fluxos de ar, água e nutrientes no solo, além de facilitar a penetração radicular ao longo do perfil.

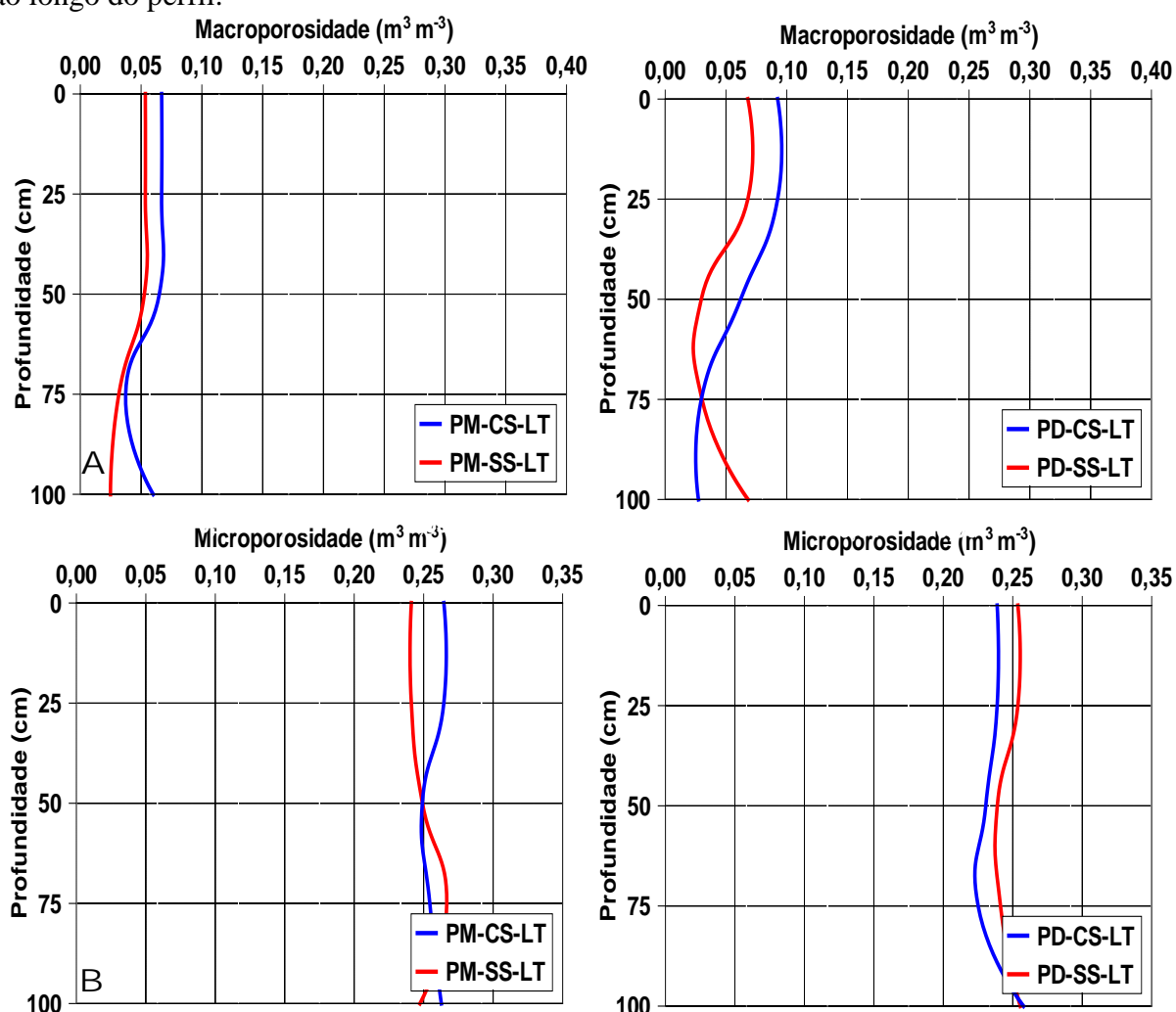


Figura 49 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na macroporosidade (A) e na microporosidade (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.1.3. Influência do preparo do solo nas densidades do solo e das partículas do solo

A figura 50 ilustra a influência do preparo do solo nas densidades do solo (DS) e das partículas do solo (DP) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 32) mostra que houve efeito significativo da profundidade do solo na densidade do solo (Figura 50 A), porém não houve efeitos significativos na densidade das partículas (Figura 50 B).

A densidade do solo aumenta no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade - certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes. Em valores absolutos, independentemente da área de plantio, a subsolagem contribuiu um pouco para diminuí-la no volume do solo situado entre 0 e 65,0 cm de profundidade, aproximadamente.

Altos valores de densidade do solo (valor médio = $1,33 \text{ kg dm}^{-3}$) geralmente indicam ocorrência de compactação e/ou adensamento e, conseqüentemente, restrição ao crescimento radicular das plantas, devido à diminuição do calibre dos poros; isso depende da granulometria, textura e teor de matéria orgânica do solo.

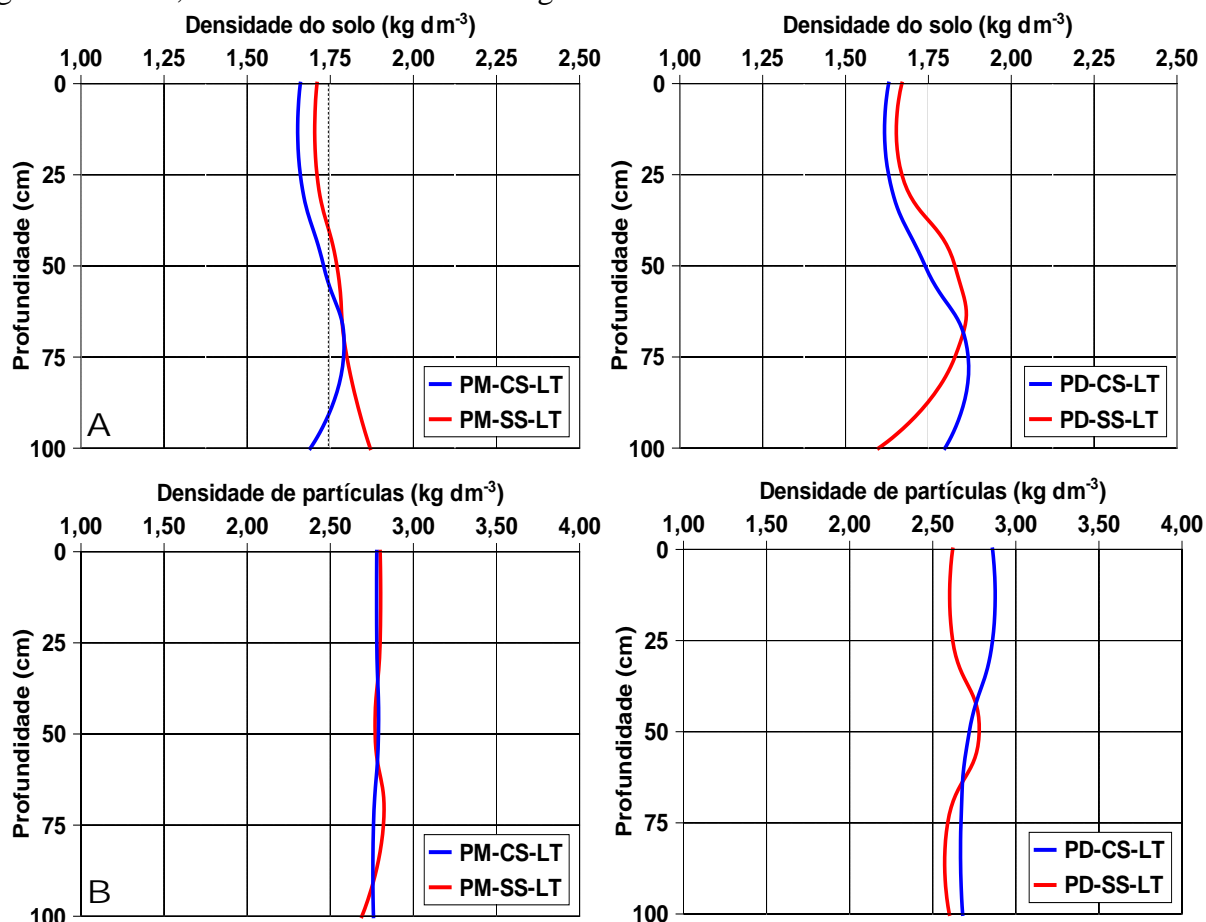


Figura 50 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas densidades do solo (A) e das partículas do solo (B) das áreas de plantio de mudas (PM) e de “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.1.4. Influência do preparo do solo na resistência à penetração

A figura 51 mostra a influência do preparo do solo na resistência mecânica à penetração (RP) das áreas com plantio de mudas e com “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 32) mostra que houve efeito significativo do preparo e da profundidade do solo - a resistência à penetração aumenta significativamente no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade - certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes.

Independentemente da área de plantio, a subsolagem contribuiu para diminuir significativamente a resistência mecânica à penetração no volume de solo situado entre 25,0 cm e 65,0 cm de profundidade, aproximadamente.

Valores de resistência mecânica do solo à penetração maiores do que 2,0 MPa (limite crítico considerado/reconhecido por pesquisadores para a maioria das culturas econômicas) restringem o crescimento radicular das plantas. Para Malavolta & Violante Neto (1989), a deficiente aeração do solo e a elevada resistência à penetração são os indicadores físicos de qualidade do solo que mais restringem o crescimento radicular dos citros.

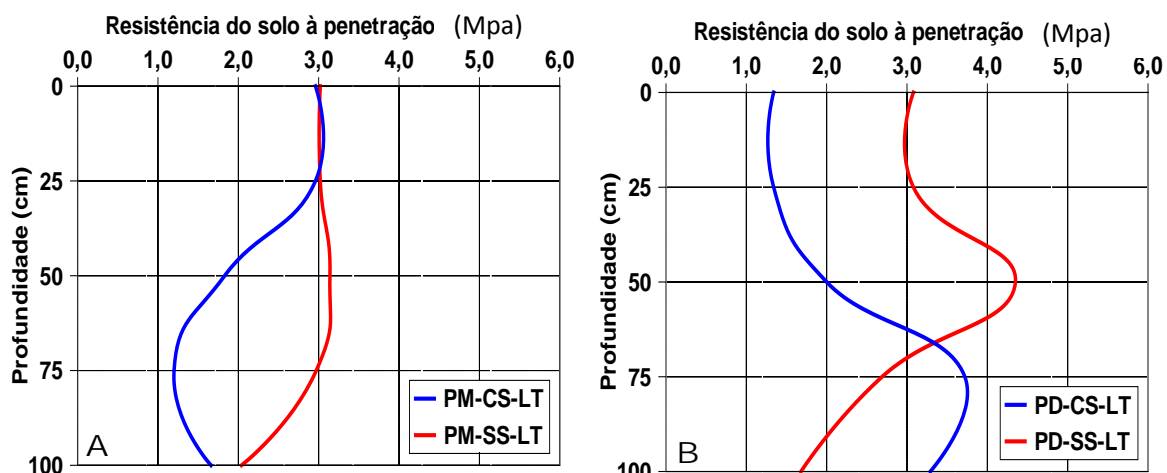


Figura 51 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) na resistência mecânica à penetração: (A) das áreas de plantio de mudas (PM) e (B) das áreas de “plantio direto” (PD), cultivadas com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.1.5. Influência do preparo do solo na capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível no solo

A figura 52 mostra as influências do preparo do solo na capacidade de campo (pK10), ponto de murcha permanente (pK1500) e água disponível (AD) das áreas com plantio de mudas e “plantio direto”. A análise de variância (Quadro 32) mostra que houve efeito significativo da profundidade do solo nos três atributos físicos avaliados.

De uma maneira geral, independentemente do preparo do solo e da área de plantio, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente aumentam ao longo do perfil, em todo o volume de solo avaliado (Figura 28 A e B, respectivamente) - certamente devido ao aumento do teor de argila. A água disponível tende a diminuir ao longo do perfil do solo (Figura 28 C) – provavelmente devido ao maior aumento relativo do ponto de murcha permanente em relação à capacidade de campo, causado pelas forças matriciais (adsorção na superfície das argilas + tensão superficial nos microporos do solo). Ao contribuir para o aumento da porosidade, a subsolagem contribuiu indiretamente para aumentar a retenção/armazenagem de água no solo nas áreas avaliadas – o que beneficia o crescimento e desenvolvimento das plantas.

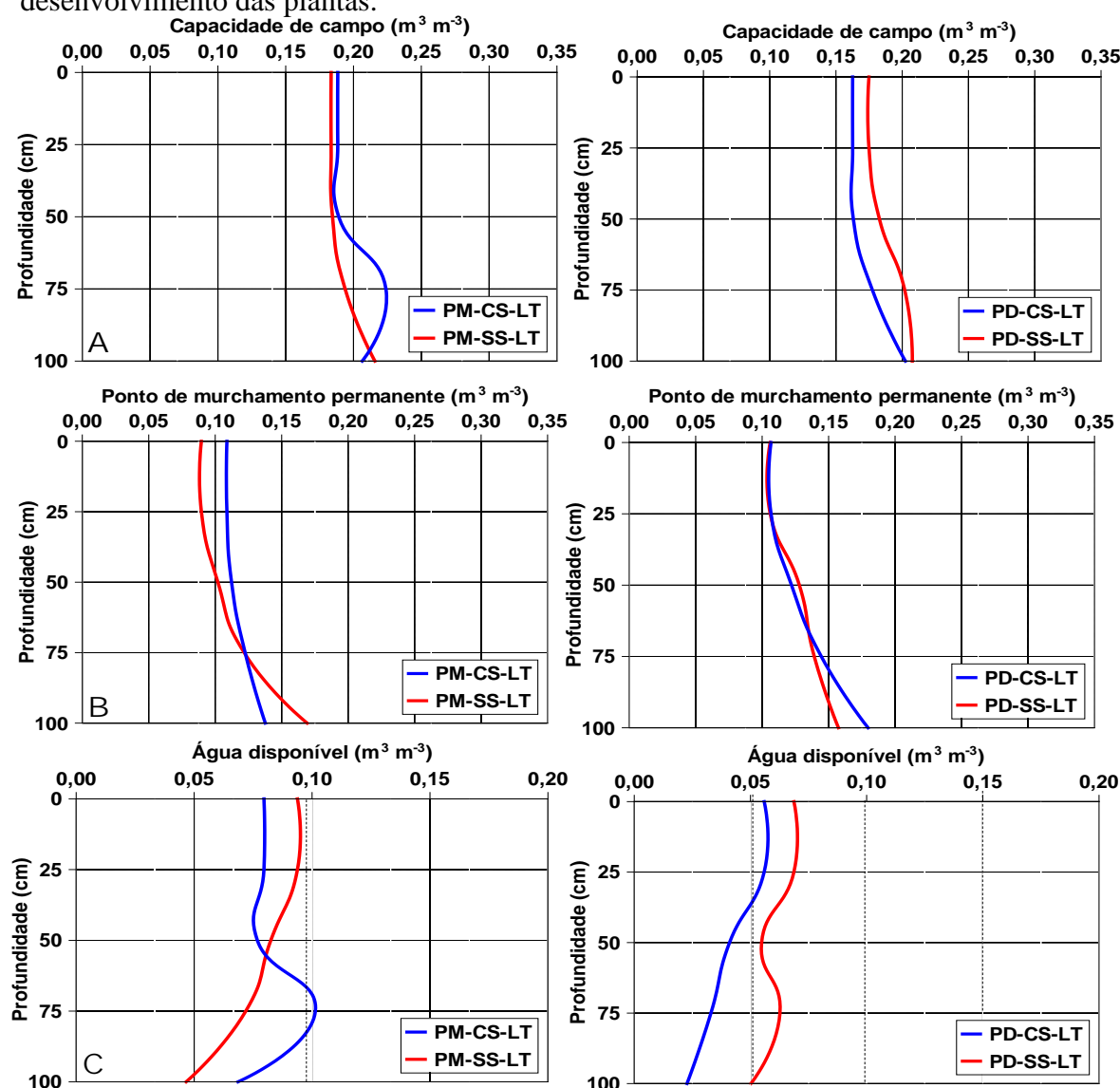


Figura 52 – Influência do preparo do solo (CS = com subsolagem e SS = sem subsolagem) nas estimativas da capacidade de campo (A), ponto de murcha permanente (B) e água disponível (C) das áreas com plantio de mudas (PM) e “plantio direto” (PD) cultivadas com limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.2. CRESCIMENTO RADICULAR DAS PLANTAS

3.2.1. Densidade de raízes na linha de plantio

O quadro 33 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ na linha de plantio (RL). Considerando-se exclusivamente a última coluna desse quadro (RL total), percebe-se que houve efeito significativo (áreas achuriadas = Sig≤0.05) apenas da profundidade do solo.

Quadro 33 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio no crescimento radicular na linha de plantio (RL) de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹				
	RL30	RL60	RL120	RL200	RLTOTAL
Preparo	0,467	0,169	0,458	0,867	0,240
Sistema	0,144	0,823	0,210	0,578	0,289
Profundidade	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Preparo / Sistema	0,372	0,419	0,195	0,949	0,361
Preparo / Profundidade	0,809	0,847	0,001	0,962	0,566
Sistema/ Profundidade	0,567	0,420	0,099	0,967	0,366
Preparo / Sistema / Profundidade	0,519	0,621	0,655	0,937	0,700
Sig ≤0.05					

¹Indicadores dos pontos de amostragem na linha de plantio: RL 30, 60, 120 e 200, e respectivas distâncias (cm) do tronco das plantas.

O quadro 34 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes avaliada nos diferentes pontos de amostragem situados na linha de plantio (RL). Considerando-se exclusivamente a última coluna do quadro 33 (análise de variância), referente à densidade total de raízes (RL total), percebe-se que a profundidade do solo influenciou significativamente (Sig ≤0.05) o crescimento radicular na linha de plantio.

A figura 53 foi construída com a soma total da densidade de raízes (RL total) observada em cada profundidade de amostragem (última coluna do quadro 32), ao longo do perfil do solo. Analisando-se essa figura, percebe-se que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA situado abaixo de 30 cm de profundidade – certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes (veja Figura 12). Na área de plantio de mudas (Figura 53 A), a subsolagem contribuiu para aumentar, em valores absolutos, a densidade de raízes ao longo do perfil do solo; isso não ocorreu na área de “plantio direto”.

Quadro 34 – Influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de Plantio ¹	Preparo do Solo ²	Profundidade do solo (m)	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³				
			RL 30	RL 60	RL 120	RL 200	RL TOTAL
PM	SS	0-0,25	0,1965a	0,2097a	0,0758a	0,2829a	0,7650a
		0,25-0,50	0,0398a	0,0894a	0,0784a	0,0347a	0,2425a
		0,50-0,75	0,0408a	0,0770a	0,0434a	0,0545a	0,2159a
		0,75-1,00	0,0394a	0,0462a	0,0559a	0,0642a	0,2058a
	CS	0-0,25	0,3504a	0,3633a	0,3450a	0,2496a	1,3084a
PD	CS	0,25-0,50	0,1054a	0,1122a	0,0996b	0,0622a	0,3795b
		0,50-0,75	0,0483b	0,1129a	0,1329b	0,0563a	0,3504b
		0,75-1,00	0,0829b	0,1869a	0,0837b	0,0928a	0,4464b
	SS	0-0,25	0,4154a	0,3686a	0,2904a	0,3134a	1,3880a
		0,25-0,50	0,0952b	0,1086a	0,1000a	0,0598a	0,3638b
		0,50-0,75	0,0862b	0,0676b	0,1381a	0,0690a	0,3610b
		0,75-1,00	0,1135b	0,0722b	0,1801a	0,1329a	0,4988b
	CS	0-0,25	0,3774a	0,3613a	0,3919a	0,3138a	1,4446a
		0,25-0,50	0,1363a	0,1369a	0,0826b	0,0761a	0,4321b
		0,50-0,75	0,0954b	0,0846b	0,0883b	0,0767a	0,3451b
		0,75-1,00	0,0841b	0,0803b	0,0896b	0,1049a	0,3590b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³RL = raízes na linha de plantio (30, 60, 90, 120, 200 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na entrelinha de plantio). Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

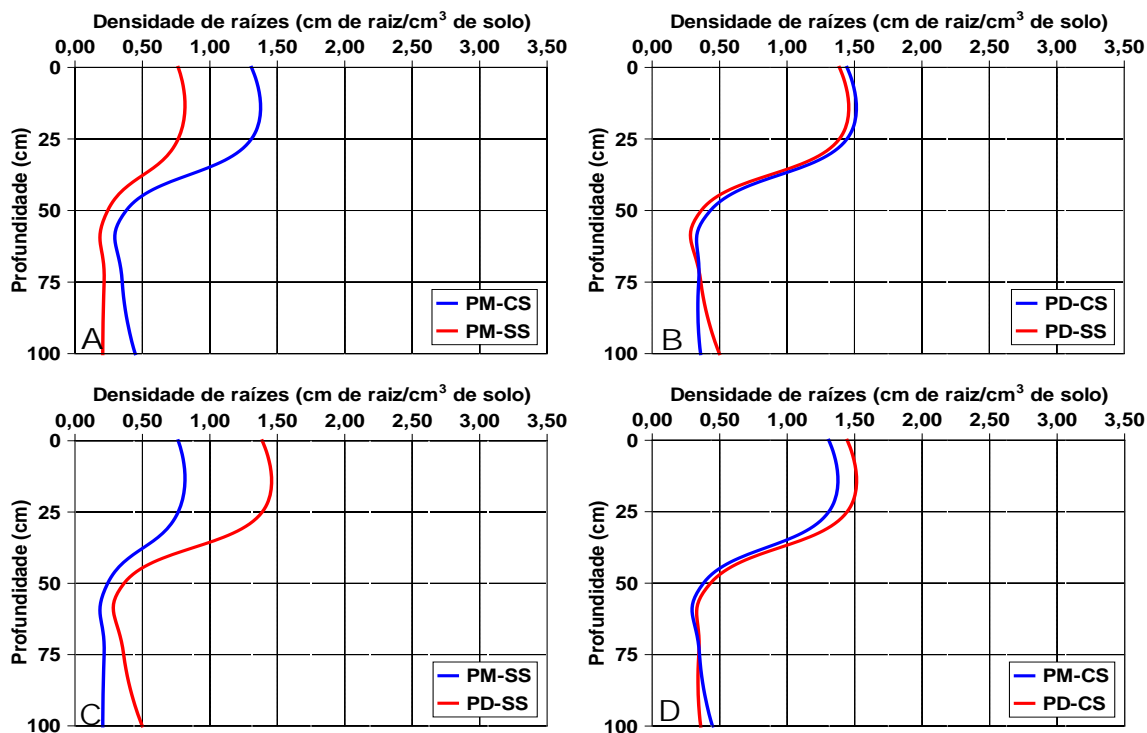


Figura 53 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na linha de plantio (RL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.2.2. Densidade de raízes na entrelinha de plantio

O quadro 35 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ na entrelinha de plantio (REL), nos diferentes pontos de amostragem. Considerando-se exclusivamente a última coluna desse quadro (REL total), percebe-se que houve efeitos significativos (áreas achuriadas = Sig≤0.05) do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes na entrelinha de plantio (REL).

Quadro 35 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) na entrelinha de plantio (REL) de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹					
	REL30	REL60	REL120	REL200	REL300	RELTOTAL
Preparo	0,200	0,118	0,243	0,143	0,014	0,081
Sistema	0,037	0,149	0,257	0,027	0,110	0,047
Profundidade	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Preparo / Sistema	0,018	0,218	0,383	0,314	0,479	0,128
Preparo / Profundidade	0,167	0,028	0,066	0,001	0,016	0,002
Sistema/ Profundidade	0,907	0,965	0,741	0,012	0,928	0,707
Prepero / Sistema / Profundidade	0,051	0,762	0,230	0,425	0,501	0,136
Sig ≤0.05						

Indicadores dos pontos de amostragem na entrelinha de plantio: REL30, 60, 120, 200 e 300, e respectivas distâncias (cm) do tronco da planta.

O quadro 36 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade de raízes avaliada nos diferentes pontos de amostragem situados na entrelinha de plantio (REL). Considerando-se exclusivamente a última coluna do quadro 35 (análise de variância), referente à densidade total de raízes (REL total), percebe-se que o sistema de plantio, a profundidade do solo e a interação preparo do solo/profundidade do solo influenciaram significativamente (Sig ≤0.05) o crescimento radicular das plantas.

A figura 54 foi construída com a soma total da densidade de raízes (REL total) avaliada em cada profundidade de amostragem (última coluna do quadro 36). Essa figura mostra que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA, situados abaixo de 30 cm de profundidade.

A subsolagem contribuiu para aumentar significativamente a densidade de raízes das plantas originárias de mudas (Figura 54 A) do perfil do solo. Nas áreas sem subsolagem, é

significativamente maior a densidade de raízes das plantas originárias do “plantio direto” (Figura 54 C).

Quadro 36 - Densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo)³ da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, na entrelinha de plantio (ELP), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de Plantio ¹	Preparo do Solo ²	Profund. do solo (m)	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³					
			REL 30	REL 60	REL 120	REL 200	REL 300	REL TOTAL
PM	SS	0-0,25	0,1317a	0,1438a	0,1164a	0,0940a	0,0531a	0,5393a
		0,25-0,50	0,0484a	0,0209a	0,0131a	0,0361a	0,0296a	0,1483a
		0,50-0,75	0,0388a	0,0290a	0,0684a	0,0387a	0,0143a	0,1894a
		0,75-1,00	0,0264a	0,0535a	0,0744a	0,0261a	-0,000a	0,1806a
	CS	0-0,25	0,4905a	0,4076a	0,4281a	0,3226a	0,2737a	1,9227a
		0,25-0,50	0,1252b	0,0797b	0,0946b	0,0479b	0,0461b	0,3938b
		0,50-0,75	0,0907b	0,0834b	0,0615b	0,0358b	0,0257b	0,2973b
		0,75-1,00	0,0585b	0,0626b	0,0489b	0,0691b	0,0819b	0,3212b
PD	SS	0-0,25	0,3986a	0,2774a	0,3304a	0,3092a	0,1320a	1,4478a
		0,25-0,50	0,1057b	0,0577a	0,0978a	0,0859b	0,0400a	0,3873b
		0,50-0,75	0,0892b	0,0924a	0,0847a	0,0739b	0,0582a	0,3987b
		0,75-1,00	0,1113b	0,1097a	0,0710a	0,0532b	0,1047a	0,4502b
	CS	0-0,25	0,3722a	0,3953a	0,3849a	0,4063a	0,2600a	1,8189a
		0,25-0,50	0,1462a	0,1138b	0,1142a	0,0811b	0,0944a	0,5499b
		0,50-0,75	0,0967b	0,0747b	0,1287a	0,0491b	0,0756a	0,4250b
		0,75-1,00	0,1072b	0,0764b	0,0497a	0,0871b	0,0986a	0,4192b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³REL = raízes na entrelinha de plantio (30, 60, 90, 120, 200 e 300 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na entrelinha de plantio). Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

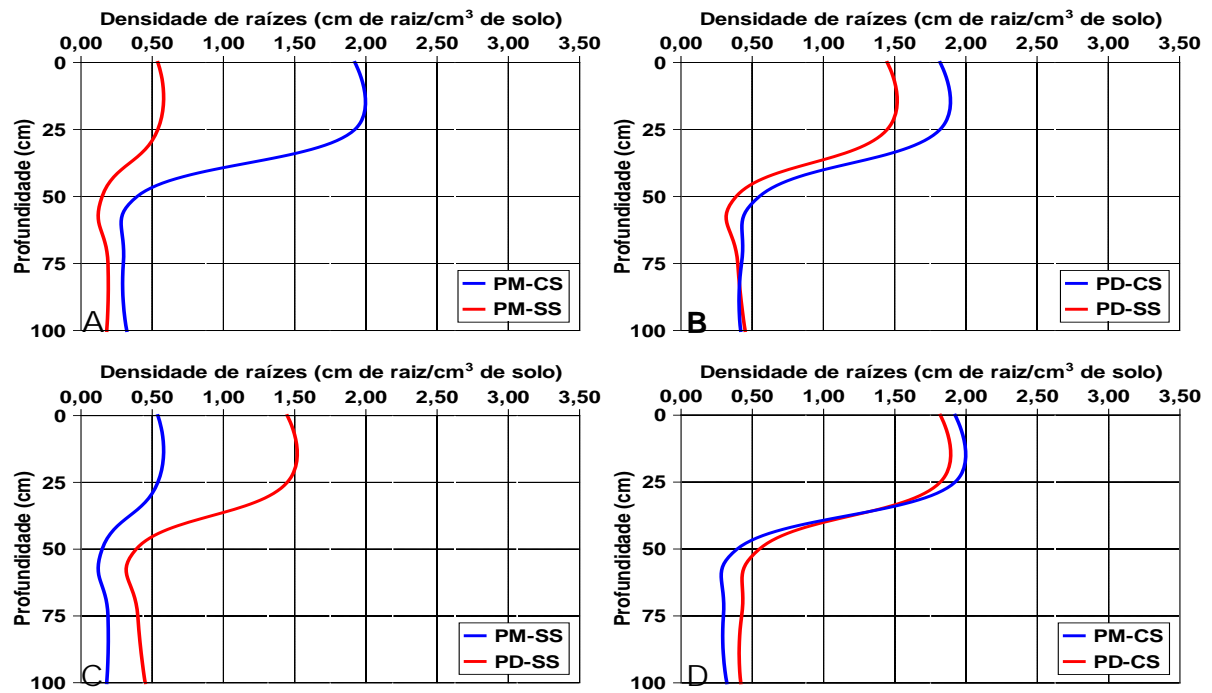


Figura 54 – Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.2.3. Densidade total de raízes no volume de solo avaliado

O quadro 37 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (RL + REL) de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, nos diferentes pontos de amostragem, ao longo do perfil do solo. Houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) da profundidade do solo e da interação preparo do solo /profundidade do solo.

Quadro 37 – Análise de variância referente à influência do preparo e profundidade do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo) no volume de solo avaliado, cultivado com limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig)
	RL + REL ¹
Preparo	0,114
Sistema	0,124
Profundidade	0,000
Preparo / Sistema	0,221
Preparo / Profundidade	0,035
Sistema/ Profundidade	0,489
Preparo / Sistema / Profundidade	0,327
Sig ≤0.05	

¹ RL = linha de plantio; REL = entrelinha de plantio

O quadro 38 mostra os resultados da influência do preparo do solo e do sistema de plantio na densidade total de raízes no volume de solo avaliado (RE + REL). A figura 55 foi construída com a soma total da densidade de raízes (RE + REL) avaliada em cada profundidade de amostragem, ao longo do perfil do solo. Essa figura mostra que, independentemente do preparo do solo e do sistema de plantio, o crescimento radicular diminui no volume de solo influenciado pelos horizontes coesos AB e BA – certamente devido ao adensamento peculiar desses horizontes.

A subsolagem contribuiu para aumentar significativamente a densidade total de raízes das plantas originárias de mudas (Figura 55 A) do perfil do solo. Nas áreas sem subsolagem, é significativamente maior a densidade de raízes das plantas originárias do “plantio direto” (Figura 55 C).

Quadro 38 - Densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo)³ da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, na linha+entrelinha de plantio (RL+REL), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Profundidade do solo (m)	Densidade de raízes (RL + REL) (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³
PM	SS	0 - 0,25	1,3042a
		0,25-0,50	0,3908b
		0,50-0,75	0,4052b
		0,75-1,00	0,3863b
	CS	0 - 0,25	3,2310a
		0,25-0,50	0,7732a
		0,50-0,75	0,6477a
		0,75-1,00	0,7675a
PD	SS	0 - 0,25	2,8358a
		0,25-0,50	0,7510b
		0,50-0,75	0,7597b
		0,75-1,00	0,9490b
	CS	0 - 0,25	3,2634a
		0,25-0,50	0,9820b
		0,50-0,75	0,7701b
		0,75-1,00	0,7781b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Preparo do solo: SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³ RL e REL = raízes na linha e entrelinha de plantio, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

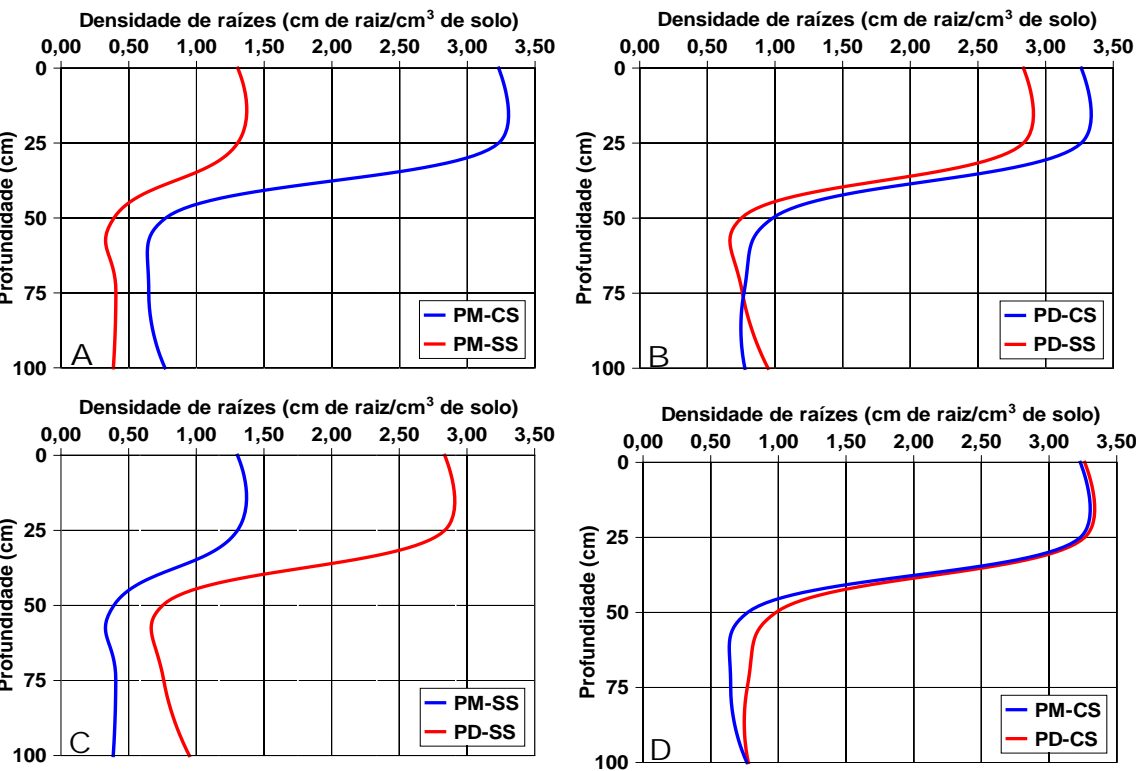


Figura 55 –. Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na densidade de raízes de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, avaliada na entrelinha de plantio (REL), ao longo do perfil do solo: (A) PM com e sem subsolagem; (B) PD com e sem subsolagem; (C) comparação entre PM e PD sem subsolagem; e (D) comparação entre PM e PD com subsolagem. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

3.3. CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS

O quadro 39 refere-se à análise de variância da influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro “Cravo”. Houve efeito significativo (área hachuriada, Sig ≤0.05) apenas do sistema de plantio nos indicadores de crescimento da parte aérea das plantas.

Quadro 39 – Análise da variância referente à influência do preparo do solo e do sistema de plantio no crescimento da parte aérea da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Fatores	Análise de variância (Sig) ¹					
	AP	DTpe	DTe	Ac/pe	DC	VC
Preparo	0,250	0,271	0,250	0,932	0,750	0,673
Sistema	0,461	0,013	0,002	0,034	0,000	0,001
Preparo/Sistema	0,220	0,277	0,282	0,725	0,239	0,184

Sig ≤0.05

¹Indicadores do crescimento da parte aérea das plantas: AP = altura da planta; DTpe = diâmetro do tronco do porta-enxerto; DTe = diâmetro do tronco do enxerto; DC = diâmetro da copa e VC = volume da copa.

3.3.1. Influência do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas

O quadro 40 e figura 56 mostram os resultados do desdobramento estatístico da influência do preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea das plantas. Não houve efeito significativo do preparo do solo nos indicadores de crescimento.

3.3.2. Influência do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas

O quadro 41 e figura 57 mostram os resultados do desdobramento estatístico da influência do sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea das plantas. Houve efeito significativo do sistema de plantio nos indicadores de crescimento, exceto AP. Nas mesmas condições ambientais, independentemente do preparo do solo, o crescimento médio da parte aérea das plantas originárias do “plantio direto” foi significativamente maior que das as plantas originárias do plantio de mudas, exceto AP e

Ac/pe (Quadro 38) – resultados similares foram obtidos por Santos et al. (2011), Amorim et al. (2013), Carvalho (2013) e Rezende et al. (2013).

Quadro 40 - Desdobramento estatístico de preparo do solo dentro de sistema de plantio relacionado com o crescimento da parte aérea da limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Indicadores de crescimento da parte aérea ³					
		AP	DC	VC	DTe	DTpe	Ac/pe
PM	SS	175,20a	369,88a	12,66a	10,53a	10,91a	0,97a
	CS	175,75a	367,93a	12,62a	10,52a	10,92a	0,96a
	Média	175,48A	368,90B	12,64B	10,53B	10,92B	0,97A
PD	SS	172,58a	400,92a	14,61a	11,05a	11,18a	0,99a
	CS	181,25a	411,25a	16,09a	11,68a	11,79a	0,99a
	Média	176,92A	406,09A	15,35A	11,37A	11,49A	0,99A

¹SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ²PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ³AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de sistema de plantio e letras maiúsculas nas colunas entre sistemas de plantio não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

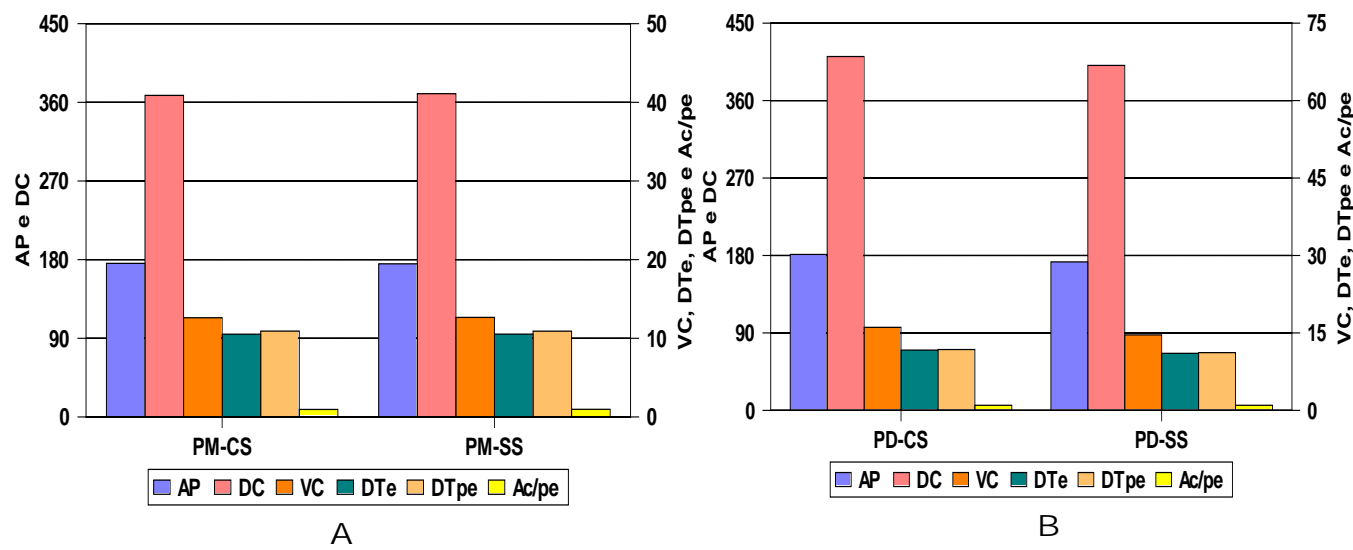


Figura 56 - Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) plantio de mudas (PM), com e sem subsolagem; (B) “plantio direto” (PD), com e sem subsolagem. Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Quadro 41 - Desdobramento estatístico de sistema de plantio dentro de preparo do solo relacionado com o crescimento da parte aérea do pomar de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Preparo do solo ¹	Sistema de plantio ²	Indicadores de crescimento da parte aérea ³					
		AP	DC	VC	DTe	DTpe	Ac/pe
SS	PM	175,20a	369,88a	12,66a	10,53a	10,91a	0,97a
	PD	172,58a	400,91a	14,61a	11,05a	11,18a	0,99a
	Média	173,89A	385,40A	13,64A	10,79A	11,05A	0,98A
CS	PM	175,75a	367,93b	12,62b	10,52b	10,92b	0,96a
	PD	181,25a	411,25a	16,10a	11,68a	11,79a	0,99a
	Média	178,50A	389,59A	14,36A	11,10A	11,36A	0,98A

¹SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ²PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ³AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de preparo do solo e letras maiúsculas nas colunas entre preparo do solo não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

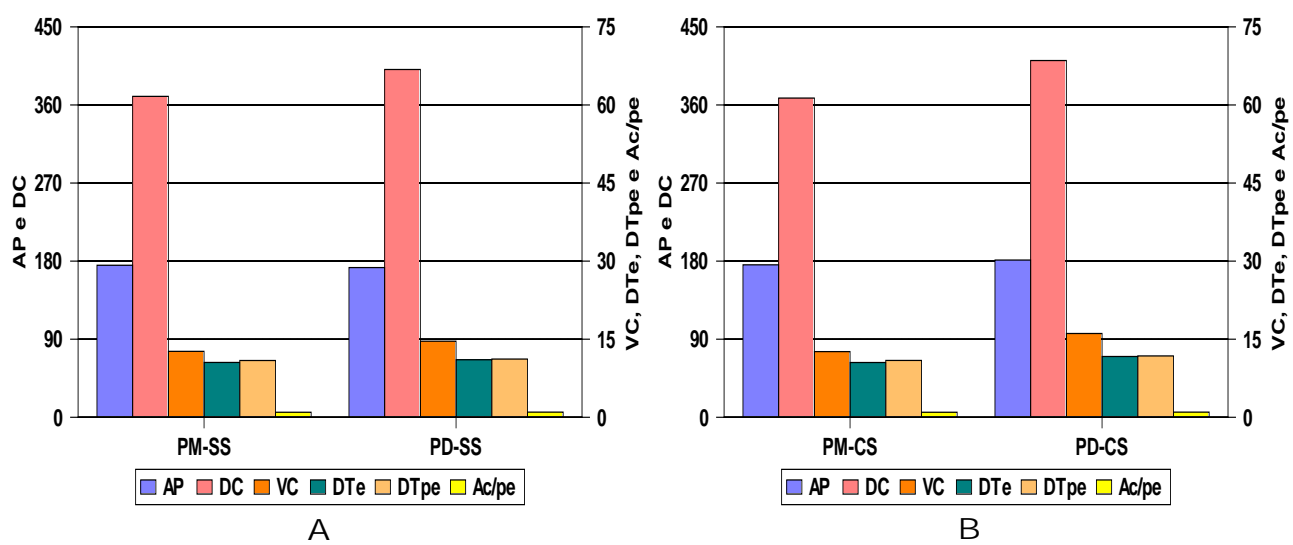


Figura 57 - Influência do sistema de plantio (PM = plantio de mudas e PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] de limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’: (A) PM x PD, sem subsolagem (SS); (B) PM x PD, com subsolagem (CS). Independentemente do preparo do solo, houve efeito significativo do sistema de plantio no crescimento da parte aérea das plantas. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

4. SÍNTESE DA PESQUISA

4.1. INFLUÊNCIAS DOS HORIZONTES COESOS NOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

As figuras apresentadas abaixo correspondem ao experimento de tangelo ‘Page’, tomadas como exemplos por representar melhor as tendências observadas em praticamente todos os casos avaliados, nos três experimentos:

Diminuíram significativamente a partir do topo do horizonte coeso AB, situado 30,0 cm abaixo da superfície do solo: as porosidades totais determinada e calculada, a macroporosidade (ou porosidade de aeração) e a água disponível no solo.

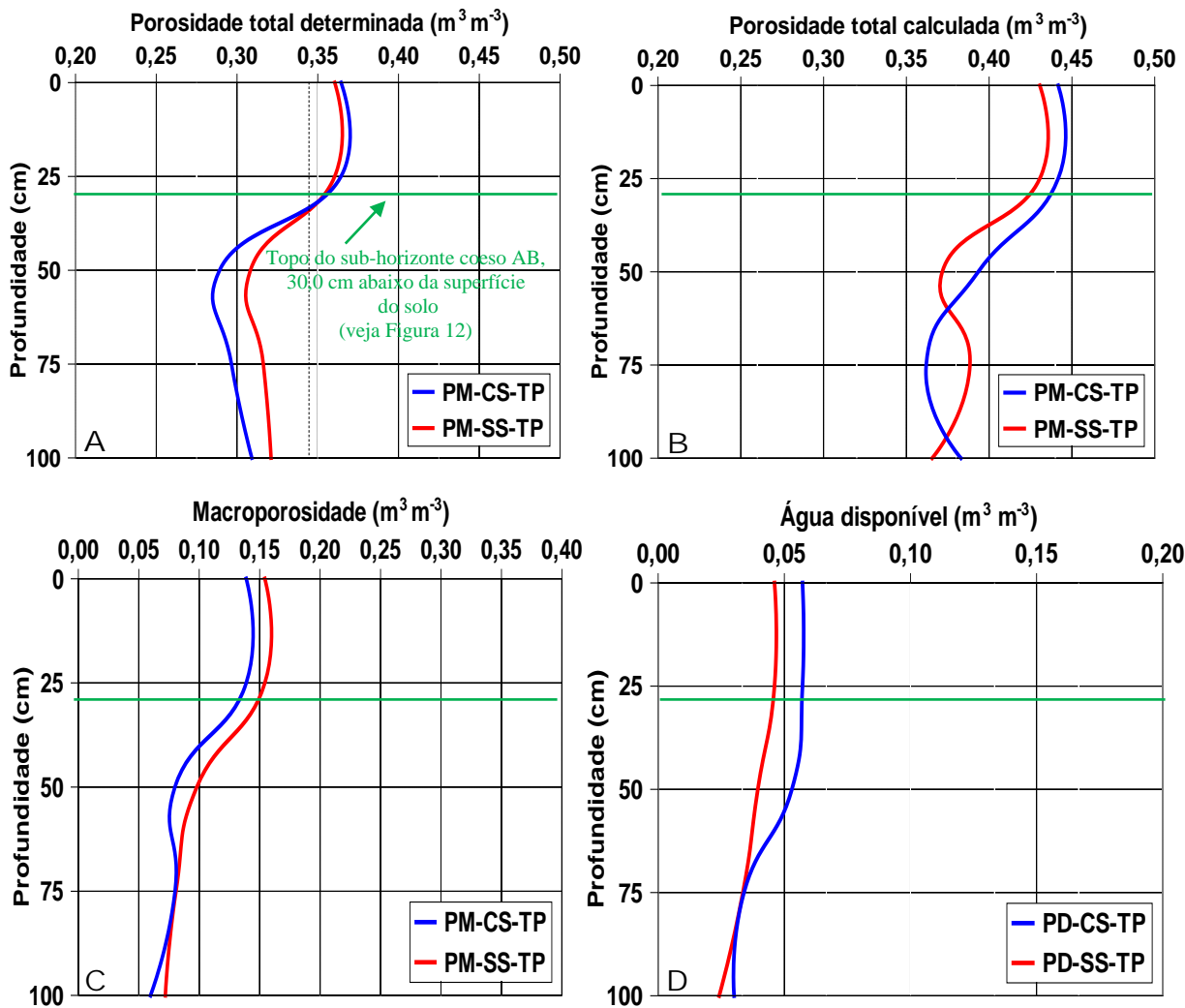


Figura 58 – Influências dos horizontes coesos nos seguintes indicadores de qualidade do solo: (A e B) porosidades totais determinada e calculada, respectivamente; (C) macroporosidade; e (D) água disponível. As figuras tomadas como exemplos correspondentes ao experimento de tangelo ‘Page’ por apresentar melhor as tendências observadas em praticamente todos esses indicadores.

- Aumentaram significativamente a partir do topo do horizonte coeso os seguintes indicadores de qualidade do solo: microporosidade, densidade do solo, resistência mecânica à penetração e as estimativas da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente.

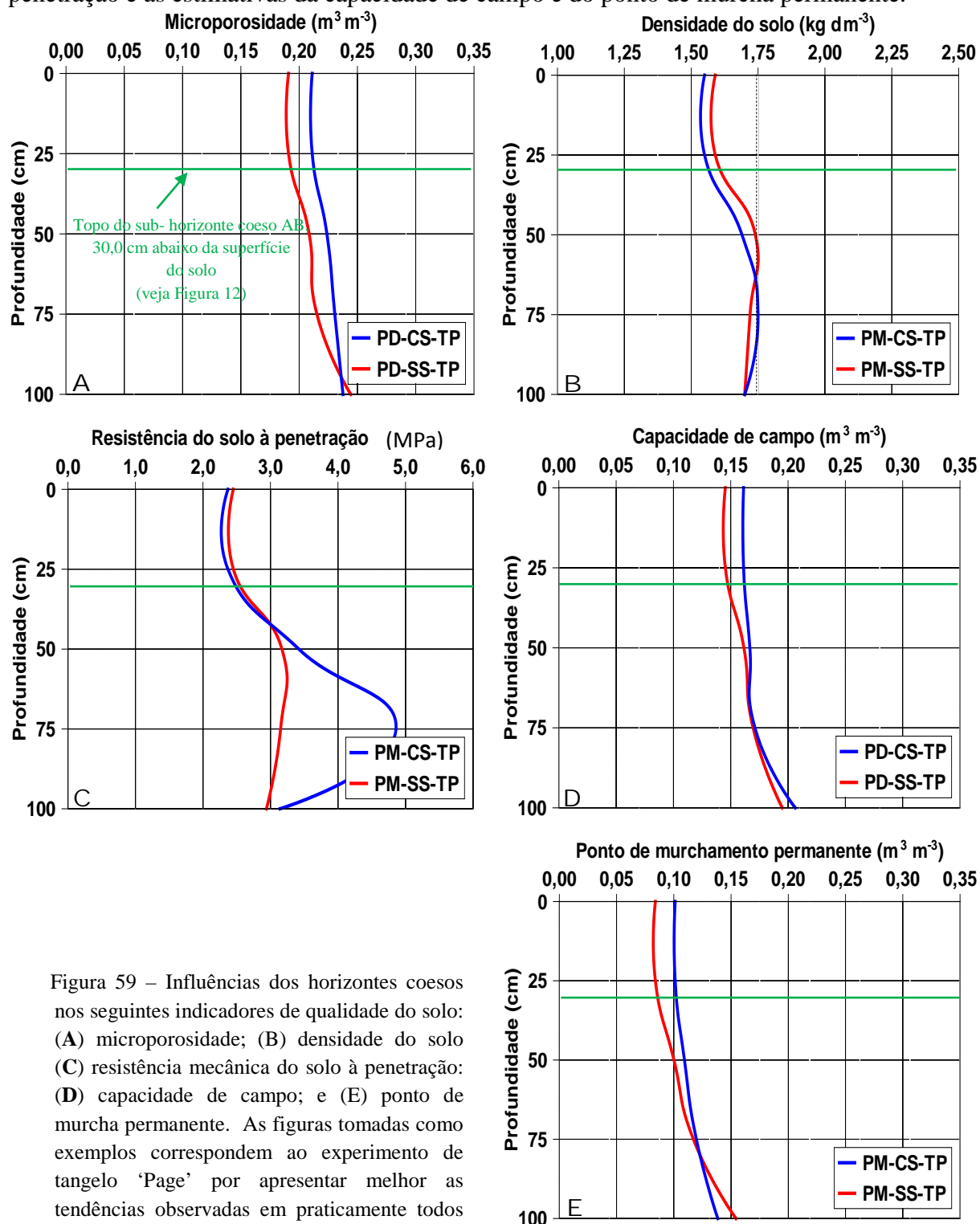


Figura 59 – Influências dos horizontes coesos nos seguintes indicadores de qualidade do solo: (A) microporosidade; (B) densidade do solo (C) resistência mecânica do solo à penetração; (D) capacidade de campo; e (E) ponto de murcha permanente. As figuras tomadas como exemplos correspondem ao experimento de tangelo ‘Page’ por apresentar melhor as tendências observadas em praticamente todos esses indicadores.

Nas três áreas experimentais, para todos os indicadores de qualidade do solo avaliados, a tendência da subsolagem foi melhorar a estrutura no volume de solo atingido pelas hastes subsoladoras.

4.2. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NA DENSIDADE TOTAL DE RAÍZES DAS CULTIVARES AVALIADAS

- **Influência do preparo do solo**

Comparando-se a figura 60 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 60 B (plantio de mudas com subsolagem), percebe-se que a subsolagem contribuiu para o aumento significativo do crescimento radicular da limeira ‘Tahiti’; comparando-se a figura 60 C (“plantio direto” sem subsolagem) com a figura 60 D (“plantio direto” com subsolagem), percebe-se que a subsolagem contribuiu par o aumento significativo do crescimento radicular da laranjeira ‘Pera e da limeira ‘Tahiti’.

- **Influência do sistema de plantio**

Comparando-se a figura 60 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 60 C (“plantio direto” sem subsolagem), e a figura 60 B (plantio de mudas com subsolagem) com a figura 60 D (“plantio direto” com subsolagem), percebe-se que o crescimento radicular das cultivares tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ foi significativamente maior nos pomares originários do “plantio direto”, especialmente nas áreas subsoladas.

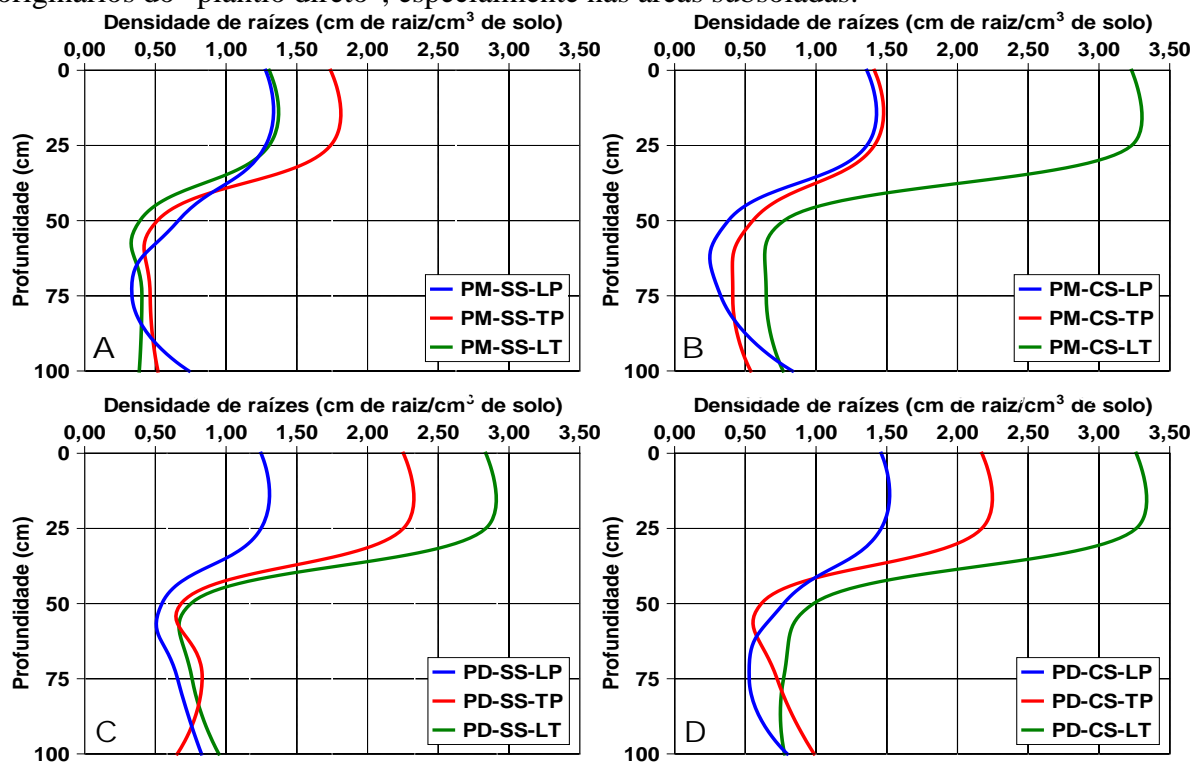


Figura 60 – Densidade total de raízes dos pomares de laranjeira ‘Pera’ (LP), tangelo ‘Page’ (TP) e limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’: (A) plantio de mudas (PM) sem subsolagem (SS); (B) plantio de mudas (PM) com subsolagem (CS); (C) “plantio direto” (PD) sem subsolagem; (D) “plantio direto” (PD) com subsolagem (CS). Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

4.3. INFLUÊNCIAS DO PREPARO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS CULTIVARES AVALIADAS

• Influência do preparo do solo

Comparando-se a figura 61 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 61 B (plantio de mudas com subsolagem), e a figura 61 C (“plantio direto” sem subsolagem) com a figura 61 D (“plantio direto” com subsolagem), percebe-se que, independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento médio da parte aérea das cultivares avaliadas.

• Influência do sistema de plantio

Comparando-se a figuras 61 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 61 C (“plantio direto” sem subsolagem), e a figura 61 B (plantio de mudas com subsolagem) com a figura 61 D (“plantio direto” com subsolagem), percebe-se que, independentemente do preparo do solo, o crescimento médio da parte aérea dos pomares originários do “plantio direto” foi significativamente maior que o do plantio de mudas.

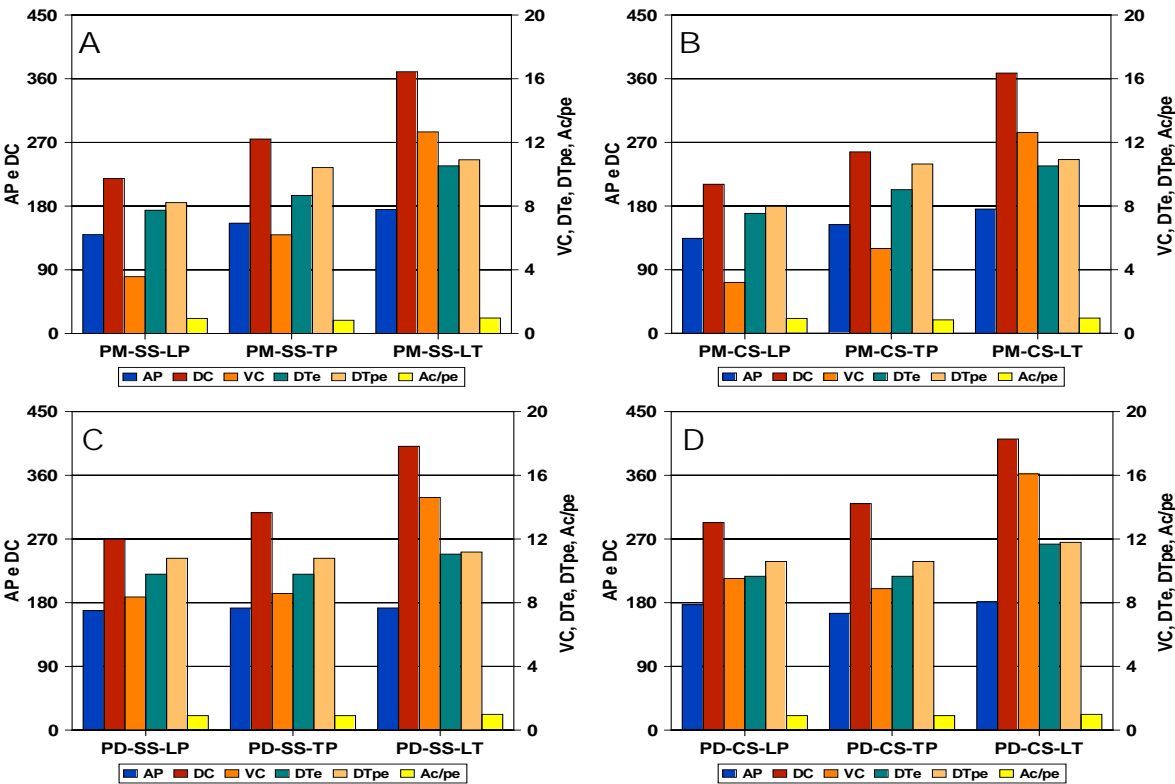


Figura 61 - Influência do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) no crescimento da parte aérea [AP (cm) = altura da planta; DC (cm) = diâmetro da copa; VC (m³) = volume da copa; DTe (cm) = diâmetro do tronco do enxerto; DTpe (cm) = diâmetro do tronco do porta-enxerto; Ac/pe = afinidade copa/porta-enxerto] dos pomares de laranja ‘Pera’ (LP), tangelo ‘Page’ (TP) e limeira ‘Tahiti’ (LT) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’: (A e B) plantio de mudas, sem e com subsolagem, respectivamente; (C e D) “plantio direto” sem e com subsolagem, respectivamente).

4.4. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NA PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS POMARES DE LARANJEIRA ‘PERA’ E TANGELO ‘PAGE’

Laranjeira ‘Pera’ (LP) — influência do preparo do solo

Comparando-se a figura 62 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 62 B (plantio de mudas com subsolagem), e comparando-se a figura 62 C (“plantio direto” sem subsolagem) com a figura 62 D (“plantio direto” com subsolagem) nota-se o seguinte:

- No plantio de mudas (PM), a subsolagem provocou redução de 7,0 % na produtividade e aumento de 4,0 % na eficiência produtiva.
- No “plantio direto” (PD), a subsolagem provocou aumento de 68,0 % na produtividade e aumento de 47,0 % na eficiência produtiva.

Laranjeira ‘Pera’ (LP) — Influência do sistema de plantio

Comparando-se a figura 62 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 62 C (“plantio direto” sem subsolagem), e comparando-se a figura 62 B (plantio de mudas com subsolagem) com a figura 62 D (“plantio direto” com subsolagem), percebe-se o seguinte:

- Nas áreas sem subsolagem (SS), a produtividade do “plantio direto” (PD) foi 11,0 % maior que a do plantio de mudas (PM), porém a eficiência produtiva foi 53 % menor.
- Nas áreas com subsolagem (CS), a produtividade do “plantio direto” (PD) foi 100 % maior que a produtividade do plantio de mudas (PM), porém a eficiência produtiva foi 33,0 % menor.

Tangelo ‘Page’ (TP) — influência do preparo do solo

Comparando-se a figura 62 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 62 B (plantio de mudas com subsolagem), e comparando-se a figura 62 C (“plantio direto” sem subsolagem) com a figura 62 D (“plantio direto” com subsolagem), nota-se o seguinte:

- No plantio de mudas (PM), a subsolagem causou aumento de 53,0 % na produtividade e de 78,0 % na eficiência produtiva.
- No “plantio direto” (PD), a subsolagem causou aumento de 39,0 % na produtividade e de 34,0 % na eficiência produtiva.

Tangelo ‘Page’ — influência do sistema de plantio

Comparando-se a figura 62 A (plantio de mudas sem subsolagem) com a figura 62 C (“plantio direto” sem subsolagem), e comparando-se a figura 62 B (plantio de mudas com subsolagem) com a figura 62 D (“plantio direto” com subsolagem), percebe-se o seguinte:

- Nas áreas sem subsolagem, a produtividade do “plantio direto” foi 25,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 8,0 % menor.
- Nas áreas com subsolagem, a produtividade do “plantio direto” da tangerineira tangelo ‘Page’ (TP) foi 13,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 31,0 % menor.
- Independentemente do preparo do solo, a produtividade dos pomares originários do ‘Plantio direto’ foi maior que a dos pomares de plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi menor.

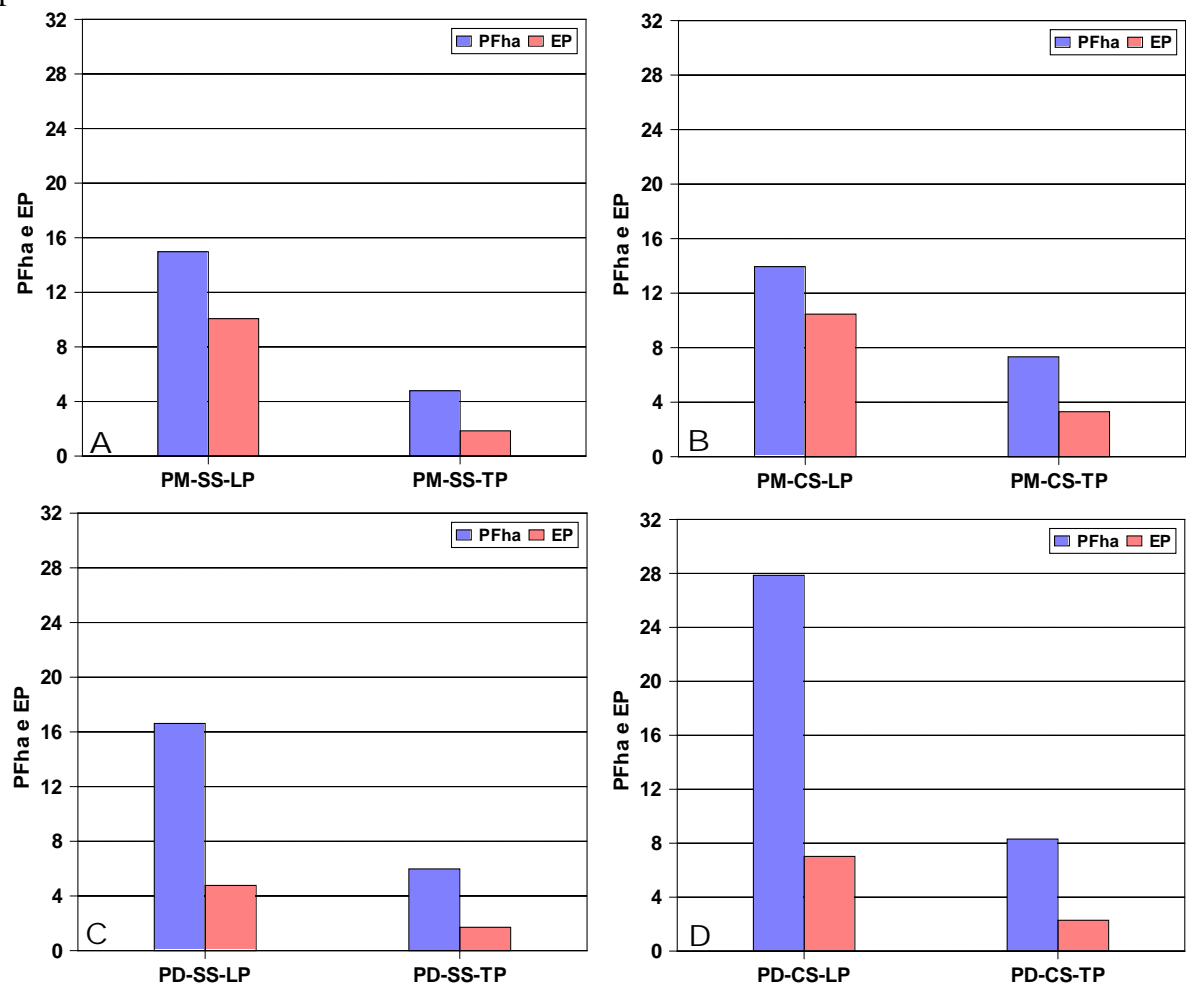


Figura 62 - Influências do preparo do solo (SS = sem subsolagem e CS = com subsolagem) e do sistema de plantio (PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”) na produtividade e eficiência produtiva dos pomares de laranja ‘Pera’ (LP) e tangelo ‘Page’ (TP) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’: (A e B) plantio de mudas, sem e com subsolagem, respectivamente; (C e D) “plantio direto sem e com subsolagem, respectivamente)

V. CONCLUSÕES

O objetivo do presente estudo foi avaliar as influências de dois métodos de preparo do solo (com e sem subsolagem) e dois sistemas de plantio (“plantio direto” e plantio de mudas formadas em viveiro) no crescimento (parte aérea e raízes), produtividade (peso de frutos por hectare) e eficiência produtiva (relação entre o peso de frutos por planta e o volume da copa) de pomares de laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’, todas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, cultivadas em um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia.

Como atividade meio, avaliou-se a influência da subsolagem em indicadores da qualidade do solo da área experimental: porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade, resistência à penetração e retenção de água.

Partiu-se da seguinte hipótese: no campo, independentemente do preparo do solo, pomares cítricos originários da sementeira do porta-enxerto e enxertia no local definitivo das plantas (“plantio direto”), devido à melhor adaptação às condições ambientais, crescem e produzem mais, com maior eficiência produtiva, do que pomares cítricos originários do plantio de mudas formadas em viveiro. Tal hipótese foi confirmada, ocorrendo, entretanto, algumas exceções, como se verá a seguir:

1. INFLUÊNCIA DA SUBSOLAGEM NOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

A subsolagem contribuiu para o aumento da porosidade total, macroporosidade e retenção de água; o inverso ocorreu com a microporosidade, densidade do solo e resistência mecânica à penetração.

2. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO RADICULAR DAS CULTIVARES LARANJEIRA ‘PERA’, TANGELO ‘PAGE’ E LIMEIRA ‘TAHITI’

- No plantio de mudas, a subsolagem contribuiu exclusivamente para o aumento significativo do crescimento radicular da limeira ‘Tahiti’.

- No “plantio direto”, a subsolagem contribuiu para o aumento significativo do crescimento radicular da laranjeira ‘Pera’ e da limeira ‘Tahiti’.
- Independentemente do preparo do solo, o crescimento do sistema radicular das cultivares tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ foi significativamente maior nos pomares originários do “plantio direto”, especialmente nas áreas subsoladas.

3. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS CULTIVARES AVALIADAS

- Independentemente do sistema de plantio, não houve efeito significativo do preparo do solo no crescimento médio da parte aérea das cultivares avaliadas.
- Independentemente do preparo do solo, o crescimento médio da parte aérea das plantas originárias do “plantio direto” foi significativamente maior que o das plantas originárias do plantio de mudas.

4. INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO E DO SISTEMA DE PLANTIO NA PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS POMARES AVALIADOS

Laranjeira ‘Pera’

- No plantio de mudas, a subsolagem provocou redução de 7,0 % na produtividade e aumento de 4,0 % na eficiência produtiva.
- No “plantio direto”, a subsolagem provocou aumento de 68,0 % na produtividade e aumento de 47,0 % na eficiência produtiva.
- Nas áreas sem subsolagem, a produtividade do “plantio direto” foi 11,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 53 % menor.
- Nas áreas com subsolagem, a produtividade do “plantio direto” foi 100 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 33,0 % menor.

Tangelo ‘Page’

- No plantio de mudas, a subsolagem causou aumento de 53,0 % na produtividade e de 78,0 % na eficiência produtiva.
- No “plantio direto”, a subsolagem causou aumento de 39,0 % na produtividade e de 34,0 % na eficiência produtiva.

- Nas áreas sem subsolagem, a produtividade do “plantio direto” foi 25,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 8,0 % menor.
- Nas áreas com subsolagem, a produtividade do “plantio direto” da tangerineira tangelo ‘Page’ (TP) foi 13,0 % maior que a do plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi 31,0 % menor.
- Independentemente do preparo do solo, a produtividade dos pomares originários do ‘Plantio direto’ foi maior que a dos pomares de plantio de mudas, porém a eficiência produtiva foi menor.

Limeira ‘Tahiti’

Lamentavelmente, no decorrer dos trabalhos o proprietário da Fazenda sede dos experimentos, colheu e vendeu os frutos da limeira ácida ‘Tahiti’ antes da tomada de dados da pesquisa.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, o Ministério da Agricultura estabeleceu, por meio de regulamentação, que as mudas produzidas para fins comerciais têm que ser formadas obrigatoriamente em viveiros telados a fim de se garantir ao usuário plantas livres de pragas; entretanto, segundo essa mesma regulamentação, o produtor rural que desejar poderá instalar em sua propriedade pomares originários de plantas formadas no próprio local (“plantio direto”). Trata-se aqui de plantas para uso próprio e não para venda.

Com essa inovadora técnica do “plantio direto” dos citros não se pretende negar a importância econômica e social da produção de mudas como parte desse agronegócio. O “plantio direto” dos citros surge como mais uma opção técnica disponível, viável e comprovadamente compensatória para o citricultor - em 2013 estimava-se que já havia cerca de mil hectares de pomares cítricos assim plantados no Estado da Bahia.

Devido à expressivas diferenças de comportamento dos pomares originários do “plantio direto” comparado com os pomares originários do plantio de mudas, sugere-se a realização de novas pesquisas com “plantio direto” - dos citros e de outros cultivos similares - voltadas principalmente para: crescimento do sistema radicular de plantas resultantes de outras combinações genéticas copa/porta-enxerto, além das que foram aqui avaliadas; tolerância de diferentes combinações genéticas copa/porta-enxerto à seca; tolerância das plantas às pragas – pois, aparentemente, é diferente do que se observa no plantio de mudas; adubação - no “plantio direto”, devido possivelmente à arquitetura do sistema radicular, tem-se observado que a melhor localização dos adubos é mais próximo ao tronco das planta e não na projeção da copa; e preparo do solo, particularmente quanto à necessidade de subsolagem para diferentes combinações genéticas copa/porta-enxerto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorim, F.F., Rezende, J.O., Souza, L.S., Ledo, C.A. da S., Carvalho, R.C., Toniasso, L.F.L. (2013). Influência do preparo do solo, porta-enxerto e sistema de plantio na produtividade de pomar de laranja 'Pera' em Tabuleiro Costeiro da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. v. 34. Florianópolis. Anais. Florianópolis-SC: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 2013. 1. CD-ROM.

Banzatto, D.A., Kronka, S. do N. (2013). Experimentação agrícola. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 237 p.

Barbosa, R.S., Souza, Z.M., Jorge, L.A. de C., Leão, H.C. de, Campos, M.C.C. (2014). Atributos físicos do solo e do sistema radicular em citros sob diferentes preparos. Revista de Ciências Agrárias, 57: 342-350.

Batista, E.A. (2010). Caracterização da produção e comercialização da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) no Município de Cruz das Almas no Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Blainski, E., Tormena, C.A., Fidalski, J., Guimarães, R.M.L. (2008). Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo a penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 975-983.

Bordin, I., Neves, C.S.V.J., Aínda, F.T., Souza, W.R., Davoglio Júnior, A.C., Furlaneto, T.L.R. & Tavares Filho, J. (2005). Sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um Latossolo argiloso submetido à escarificação. Revista Ciência Rural, 35: 820-825.

Bordin, I., Neves, C.S.V.J., Francio Filho, P., Preti, E.A. & Cardoso, C. (2008). Crescimento de milho e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 1409-1418.

Brandão, F.J.C. (2005). Subsolação em Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros e consequências no desenvolvimento do cultivar tangor Murcott. Dissertação de Mestrado em

Ciências Agrárias – Uso, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Solo e Água. Cruz das Almas-Bahia: Universidade Federal da Bahia.

Calfa, C.H. (2010). Subsolação em solo coeso de Tabuleiro Costeiro e desenvolvimento da lima da ‘Pérsia’ com porta-enxerto semeado no local definitivo. Tese de Doutorado em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos. Salvador: Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia.

Camargo, O. A., Alleoni, L.R.F. (1997). Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Piracicaba: 132p.

Carvalho, R.C. de. (2013). Influência do preparo do solo, porta-enxerto e sistema de plantio no crescimento e produtividade de pomar de tangerina ‘Murcott’ em Tabuleiro Costeiro da Bahia. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônoma. Cruz das Almas – Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Carvalho, Z. da S., Costa, O.D.V. (2008). Classificação do solo em áreas cultivadas com citros no Município de Rio Real, Bahia. Relatório de Estágio Supervisionado. Cruz das Almas – Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.15p.

Castle, W.S., Tucker, D.P.H., Krezdorn, A. H. & Youtsey, C. D. (1993). Rootstocks for Florida citrus. Gainesville: University of Florida. 92p.

Cintra, F.L.D. (1997). Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Tese de Doutorado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.

Coelho, Y. da S. (1996). Tangerina para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: Embrapa-SPI. 42 p. (Embrapa-SPI. Série Publicações Técnicas Frupex, 24).

Comissão Estadual de Fertilidade do Solo. (1989). Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia. Salvador: CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFERTIL. 173p.

Corrêa, M.M., Ker, J.C., Barrón, V., Torrent, J., Curi, N. & Torres, T.C.P. (2008). Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente dos tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo* 32: 297-313.

Cutter, E. G. (1986). *Anatomia vegetal*. Tradução de Gabriela Vera Maria Caruso Catena. 2. ed. São Paulo: Rocca, 304 p.

Donadio, L.C. (1999). *Laranja Pera*. Jaboticabal, SP: Funep, 1999. 51 p. (Boletim Citrícola, 11).

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (2011). *Manual de métodos e análise de solo*. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Documentos, 132. 230p.

Embrapa. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. Ed. Rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 353p.

Ferreira, D.F., Cargnelutti Filho, A. & Lúcio, A.C. (2012). Procedimentos estatísticos em planejamentos experimentais com restrições de casualização. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 37:16-19.

Giarola, N.F.B., Silva, A.P. da, Tormena, C.A., Souza, L. da S., Ribeiro, L.P. (2001). Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: estudo de caso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 239-247.

Grohmann, F. (1972). Compacidade. In: Moniz, A.C. . *Elementos de pedologia*. São Paulo: Editora Polígono S.A. 459p.

Guddanti, S., Chambers, J.L. (1993). *GSRoot - Automated root length measurement program, version 5.00; Users Manual*. Louisiana: Louisiana State University. 40 p.

Idowu, J.& Angadi, S. (2013). *Understanding and Managing Soil Compaction in Agricultural Fields*. Cooperative Extension Service - College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. Circular 672. 8p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2015). Produção Agrícola Municipal. v: 39.

Jacomine, P.K.T. (1996). Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS. Cruz das Almas, BA: Anais... Aracaju-SE: Embrapa-CPATC/Embrapa-CNPMF/EAUFBA/IGUFBA. 80 p.

Karlen, D. L.; Stott, D.E. (1994). A framework for evaluating physics and chemical indicators of soil quality. In: Doran, J. W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment, Madison: Soil Science Society of American. p. 53-71. (Special Publication, 35).

Kiehl, E. J. (1979). Manual de Edafologia: relação solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

Lanças, P. K. (2002). Subsolagem ou escarificação. Cultivar Máquinas, ano II, n.14, p. 38-42.

Lima, H.V., Silva, A.P., Jacomine, P.T.K., Romero, R.E. & Libardi, P.L. (2004). Identification and characterization of cohesive soils in the state of Ceara, Brazil. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo 28: 467-476.

Malavolta, E., Violante Netto, A. (1989). A nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba: Potafós. 153p.

Maranhão de Melo, D.V., Almeida, B.G. de, Souza, E.R. de, Silva, L.S & Jacomine, P.K.T. (2014). STRUCTURAL QUALITY OF POLYACRYLAMIDE-TREATED COHESIVE SOILS IN THE COASTAL TABLELANDS OF PERNAMBUCO. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 38: 476-485.

Medeiros, J.C., Figueiredo, G.C. Mafra, A.L., Rosaj.D. & Yoon, S.W. (2013). DEEP SUBSOILING OF A SUBSURFACE-COMPACTED TYPICAL HAPLUDULT UNDER CITRUS ORCHARD. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37:911-919.

Medina, H.P. (1975). Água no solo. In: Moniz, A. C. (Coord.). Elementos de pedologia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 458p.

Melo Filho, J. F. de, Carvalho, L. L. de, Silveira, D. de C., Sacramento, J.A.A.S. de & SILVEIRA, E. C. P. (2009). Índice de qualidade em um latossolo amarelo coeso cultivado com citros. Revista Brasileira de Fruticultura. 31: 1168-1177.

Mernes, F.J.V., Souza, C.M de, Cardoso, A. A., Rocha, V. S., Galvão, J.C.C. & Pires, F. R. (2003). Influência de diferentes métodos de preparo de solo na sua resistência à penetração. Revista Ceres, 50: 143-153.

Minatel, A.E.G., Andrioli, I., Centurion, J.F. & Natale, W. (2006). Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 26: 86-95.

Moreau, A.M.S.S., Costa, L.M., Ker, J.C. & Gomes, F.H. (2006). Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do Tabuleiro Costeiro do sul da Bahia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30:1021-1030.

Moreira, S. (1995). Cavalos para citros em São Paulo. Laranja, Cordeirópolis, 16: 213-233.

Moshe, Bar-Joseph, Cecile Robertson, E. Hilf Mark & O. Dawson William. (2011). A novel method for Citrus propagation: Seed grafting, The Journal of Horticultural. Science and Biotechnology, 86:6, 616-618.

Mota, T.B.N. (2010). Avaliação de porta-enxertos para limeira ácida '*Tahiti*' CNPMF 2001. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica. Cruz das Almas – Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Neves, M.F., Tombim, V.G., Milan, P., Lopes, F. F., Cressoni, F. & Kalak, R. (2010). O retrato da citricultura brasileira, FEA/USP, Ribeirão Preto, São Paulo. 2010.http://www.citrusbr.com.br/download/Retrato_Citricultura_Brasileira_Marcos_Fava.pdf. Acesso em: 06.10.2013.

Oliveira, J.B. de. (1991). Solos para citros. In: Rodriguez, O., Viegas, F., Pompeu Júnior. Ed. Citricultura brasileira. Campinas: Fundação Cargill, 1: 196-227.

Oliveira, L.B. de & MELO, V. de. (1970). Caracterização físico-hídrica do solo. I. Unidade Itapirema. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5: 35-48.

Pace, C.A.M. & Araujo, C. M. (1986). Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzólicos e sua relação com a formação das copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa-DDT/CNPq, 8: 199-205.

Paiva, A.Q., Souza, L.S., Ribeiro, A.C., Costa, L.M. (1998). Disponibilidade de água de uma topossequência de solos de tabuleiros do Estado da Bahia e sua relação com os indicadores do crescimento da laranjeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.3. 22: 367-377.

Pereira, N.A.C. (2010). PRODECITRUS - Programa de Desenvolvimento Sustentável da Citricultura Baiana, triênio 2011-2013. Salvador: SEAGRI / EBDA.

Reichardt, K. (1990). A água em sistemas agrícolas. Editora Manole Ltda. São Paulo, Brasil. 188 p.

Resende, M. (1982). Pedologia. Viçosa. Imprensa Universitária. 100p.

Resende, M., Curi, N., Rezende, S.B. & Corrêa, G.F. (1999). A pedologia: base para distinção de ambientes. 3.ed.Viçosa: NEPUT. 338 p.

Rezende, J. de O. (2000). Solos coesos dos tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador: Seagri/SPA. Série Estudos Agrícolas, 1. 117p.

Rezende, J. de O., Magalhães, A.F. de J., Shibata, R.T., Rocha, E.S., Fernandes, J.C., Brandão, F.J.C. & Rezende, V.J.R.P. (2002). Citricultura nos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestões. Salvador: Seagri/SPA. Série Estudos Agrícolas, 3. 97p.

Rezende, J. de O., Souza, L. da S. & Santos Filho, W.S. (2013). “Plantio direto” dos citros: mito ou realidade? Bahia Agrícola, Salvador, 9: 72-85.

Rezende, J de O., Shibata, R.T. & Souza, L. da S. (2015). Justificativa e recomendações técnicas para o “plantio direto” dos citros nos Tabuleiros Costeiros: ênfase na citricultura dos Estados da Bahia e Sergipe. Salvador, Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). 240p.

Ribeiro, L.P. (1998). Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. Salvador: Fapex. 99p.

Ribeiro, L.P. (1991). Premiers resultas sur la génese des sols a horisons indures dans la region du Cruz das Almas, BA, Brésil. In: TABLE RONDE SUR L'ORGANIZATION ET DINAMIQUE INTERNE DE LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE. Caen: CNRS, 99 p.

Richards, L.A. (1949). Method of measuring soil moisture tension. Soil Science, 68: 95-105.

Santana, M.B., Souza, L.D. & Fontes, L.E.F. (2006). Soil physical attributes and citrus root system distribution as indicators of cohesive layers in soils of coastal tablelands in the State of Bahia, Brazil. Revista Brasileira De Cuenca Do Solo 30: 1-12.

Santos, J.S., Rodrigues, A.P.S., Santos, P.L. de S., Souza, P.U., Calfa, C.H., Rezende, J. de O., Ledo, C.A. da S. & Shibata, R. T. (2011). Influência do preparo do solo, sistema de plantio e porta enxerto no crescimento de limeira ácida ‘Tahiti’ em Tabuleiro Costeiro da Bahia. 2ª Etapa. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32. Uberlândia. Anais... Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1. CD-ROM.

SAS INSTITUTE Inc. SAS/STAT user's guide. (2004). 4.ed. Raleigh: SAS Institute Inc., v.9, 846 p.

Sempionato, O.R., Girotto, L.F. & Stuchi, E. S. (1997). Produção de mudas sadias. In: Donadio, L. C., Moreira, C. S. Clorose variegada dos citros. Bebedouro: Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro, 1997. p. 75-92.

Silva, A.J.N. da & Carvalho, F.G. de. (2007). Coesão e resistência ao cisalhamento relacionados a atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo de Tabuleiros Costeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 853-862.

Silva, A.J.N. da & Cabeda, M.S.V. (2005). Influências de diferentes sistemas uso e manejo da coesão, resistência ao cisalhamento e óxidos de Fe, Si e Al em solos de tabuleiros costeiros de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 447-457.

Silva, F.B.R., Riché, G.R., Tonneau, J.P., Souza Neto, N.C. de, Brito, L.T. de L., Correia, R. C., Cavalcanti, A.C., Silva, F.H.B.B. da, Silva, A.B. da, Araujo Filho, J. C. de. (1993). Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: Embrapa-CPATSA/Recife: Embrapa-CNPS. 2. 476 p.

Silveira, P. M. da. (2002). Influência do preparo do solo e de rotação de culturas no feijoeiro. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 3. 18p.

Souza, L. da S. (1996). Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS. Cruz das Almas, BA: Anais... Aracaju-SE: Embrapa-CPATC, Embrapa-CNPMF/EAUFBA/IGUFBA. 80p.

Souza, A. L. V. (2005). Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. Dissertação de Mestrado: Uso, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Solo e Água. Escola de Agronomia. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

Souza, L. da S., Borges, A.L., Cintra, F.L.D., Souza, L.D. & Ivo, W.M.P. de M. (2002). Perspectivas do uso dos solos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA AGUA. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: Editus, 13: 521-579.

Souza, L.D., Paiva, A.D., Rodrigues, A.C.V. & Ribeiro, L.D. (2008). Citrus root system distribution in a coastal table land soil toposequence of the state of Bahia, Brazil. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo* 32: 503-513.

Tersi, F.E.A., Rosa, S.M. (1995). A subsolagem no manejo de solo para os pomares de citros. Laranja. v.16. 2: 289-298.

Tinker, P.B. (1981). Root distribution and nutrient uptake. In: Russel, R.S., Igue, K. & Mehta, Y.R. The soil/root system in relation to Brazilian Agriculture. Londrina, PR: IAPAR. p.115-136.

Tormena, C.A., Roloff, G. (1998) Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo.v.20. 2:333-339.

Uhland, R.E. (1949). Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Science Society of America Proceedings, 14: 361-366.

Vieira, J.M., Romero, R.E., Ferreira, T.O. & Assis, R.N. de. (2012). Contribution of amorphous material in the genesis of cohesive horizons of Ultisols in Ceara Coastal Plains. Revista Ciência Agronômica 43: 623-632.

Wünsche, J.N. & Ferguson, I.B. (2005). *Crop load interactions in apple*. Horticultura. Rev. 31: 231- 290.

Zuffo, V.J., Pires, F.R., Bonomo, R., Vitória, E.L da, Filho, A.C. & Santos, E.O. de J. (2013). EFFECTS OF TILLAGE SYSTEMS ON PHYSICAL PROPERTIES OF A COHESIVE YELLOW ARGISOL IN THE NORTHERN STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL. Revista Brasileira de Ciência do Solo 37:1372-1382.

ANEXOS

Anexo 1. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo.....	131
Anexo 2. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com laranjeira ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo.....	132
Anexo 3. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo.....	133
Anexo 4. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo.....	134
Anexo 5. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso cultivado com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo.....	135
Anexo 6. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo.....	136
Anexo 7. Estudo comparativo da densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³ das cultivares laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na linha de plantio (LP), ao longo do perfil do solo.....	137
Anexo 8. Estudo comparativo da densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³ das cultivares laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na entrelinha de plantio (ELP), ao longo do perfil do	

solo.....	138
Anexo 9. Estudo comparativo da densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) das cultivares laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na linha+entrelinha de plantio (LP+ELP), ao longo do perfil do solo.....	139

Anexo 1. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com laranja ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Horiz/ Prof. (m)	Indicadores de qualidade do solo				
			PTc	PTd	Pb	Ma	Mi
PM	SS	Ap 0-0,15	0,3785a	0,3270a	0,0514a	0,1134a	0,2136a
		AB 0,15-0,30	0,4034a	0,3242a	0,0791a	0,1147a	0,2095a
		BA 0,30-0,50	0,3664a	0,3043a	0,0620a	0,0947a	0,2095a
		Bw1 0,50-0,90	0,3769a	0,2975a	0,0821a	0,0767a	0,2207a
	CS	Ap 0-0,15	0,4282a	0,3507a	0,0774a	0,1630a	0,1877a
		AB 0,15-0,30	0,3753a	0,3226a	0,0527a	0,1288a	0,1938a
		BA 0,30-0,50	0,3931a	0,3111a	0,0820a	0,1063b	0,2048a
		Bw1 0,50-0,90	0,3540a	0,3009a	0,0530a	0,0546b	0,2463b
	PD	Ap 0-0,15	0,4226a	0,3421a	0,0805a	0,1411a	0,2009a
		AB 0,15-0,30	0,3681a	0,3089ab	0,0592a	0,1076ab	0,2013a
		BA 0,30-0,50	0,3526a	0,2894b	0,0632a	0,0791b	0,2103ab
		Bw1 0,50-0,90	0,3540a	0,2891b	0,0649a	0,0587b	0,2303b
	CS	Ap 0-0,15	0,4300a	0,3797a	0,0503a	0,1873a	0,1924a
		AB 0,15-0,30	0,4167a	0,3338ab	0,0829a	0,1347ab	0,1991a
		BA 0,30-0,50	0,3504a	0,3029b	0,0475a	0,1001b	0,2027a
		Bw1 0,50-0,90	0,3626a	0,3189b	0,0436a	0,0868b	0,2321b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³PTc (m³ m⁻³) = porosidade total calculada; PTd (m³ m⁻³) = porosidade total determinada; Pb (m³ m⁻³) = porosidade bloqueada; Ma (m³ m⁻³) = macroporosidade; Mi (m³ m⁻³) = microporosidade. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Anexo 2. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com laranja ‘Pera’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Horiz./ Profund. (m)	Indicadores de qualidade do solo ³					
			Dp	Ds	RP	CC	PMP	AD
PM	SS	Ap 0-0,15	2,80a	1,72a	2,16a	0,1635a	0,0843c	0,0791a
		AB 0,15-0,30	2,77a	1,66a	2,22a	0,1717a	0,0998bc	0,0719a
		BA 0,30-0,50	2,82a	1,74a	1,74a	0,1747a	0,1160b	0,0587a
		Bw1 0,50-0,90	2,69a	1,71a	2,41a	0,2248b	0,1566a	0,0682a
	CS	Ap 0-0,15	2,78a	1,60a	1,54a	0,1945ab	0,1128bc	0,0817a
		AB 0,15-0,30	2,79a	1,73a	2,73a	0,1752b	0,1076c	0,0676a
		BA 0,30-0,50	2,76a	1,71a	2,87a	0,1950ab	0,1187b	0,0763a
		Bw1 0,50-0,90	2,76a	1,73a	2,70a	0,2177a	0,1389a	0,0787a
PD	SS	Ap 0-0,15	2,62a	1,65a	2,13a	0,1503a	0,0952c	0,0551a
		AB 0,15-0,30	2,78a	1,72a	2,10a	0,1761a	0,1124bc	0,0637a
		BA 0,30-0,50	2,59a	1,73a	2,80a	0,1787a	0,1281b	0,0506a
		Bw1 0,50-0,90	2,60a	1,73a	3,06a	0,2111b	0,1636a	0,0474a
	CS	Ap 0-0,15	2,86a	1,49a	1,48a	0,1722a	0,1083c	0,0638ab
		AB 0,15-0,30	2,72a	1,61ab	2,02a	0,1926ab	0,1201bc	0,0724a
		BA 0,30-0,50	2,67a	1,68b	3,11a	0,1795ab	0,1335b	0,0459bc
		Bw1 0,50-0,90	2,68a	1,65b	1,90a	0,2048b	0,1725a	0,0323c

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³Dp (kg dm⁻³) = densidade das partículas do solo; Ds (kg dm⁻³) = densidade do solo; RP₁₀ (MPa) = resistência mecânica do solo à penetração para umidade retida no solo sob tensão de -10kPa; CC (m³ m⁻³) = capacidade de campo, isto é, água retida no solo sob tensão de -10 kPa; PMP (m³ m⁻³) = ponto de murcha permanente, isto é, água retida no solo sob tensão de -1500 kPa; AD (m³ m⁻³) = água disponível no solo. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Anexo 3. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Horiz/ Prof. (m)	Indicadores de qualidade do solo				
			PTc	PTd	Pb	Ma	Mi
PM	SS	Ap	0,4306a	0,3605a	0,0701a	0,1543a	0,2062a
		0-0,15					
		AB	0,3717a	0,3083a	0,0634a	0,0980a	0,2102a
		0,15-0,30					
		BA	0,3884a	0,3163a	0,0721a	0,0808a	0,2354a
	CS	0,30-0,50					
		Bw1	0,3656a	0,3211a	0,0445a	0,0720a	0,2491a
		0,50-0,90					
		Ap	0,4417a	0,3644a	0,0773a	0,1389a	0,2255a
		0-0,15					
PD	SS	AB	0,3934a	0,2892a	0,1042a	0,0799a	0,2092a
		0,15-0,30					
		BA	0,3620a	0,2966a	0,0654a	0,0800a	0,2165a
		0,30-0,50					
		Bw1	0,3830a	0,3092a	0,0737a	0,0597a	0,2495a
	CS	0,50-0,90					
		Ap	0,4044a	0,3544a	0,0499a	0,1635a	0,1909a
		0-0,15					
		AB	0,3681ab	0,3080a	0,0681a	0,0994ab	0,2086ab
		0,15-0,30					
PD	SS	BA	0,3106b	0,2789a	0,0317a	0,0637b	0,2152ab
		0,30-0,50					
		Bw1	0,3344ab	0,3038a	0,0306a	0,0595b	0,2443ab
		0,50-0,90					
	CS	Ap	0,4467a	0,3570a	0,0897a	0,1457a	0,2112a
		0-0,15					
		AB	0,4032ab	0,3494a	0,0537a	0,1256a	0,2238a
		0,15-0,30					
		BA	0,3354b	0,3064a	0,0290a	0,0757a	0,2306a
	CS	0,30-0,50					
		Bw1	0,3405b	0,3024a	0,0381a	0,0648a	0,2376a
		0,50-0,90					

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³PTc (m³ m⁻³) = porosidade total calculada; PTd (m³ m⁻³) = porosidade total determinada; Pb (m³ m⁻³) = porosidade bloqueada; Ma (m³ m⁻³) = macroporosidade; Mi (m³ m⁻³) = microporosidade. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Anexo 4. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com tangelo ‘Page’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Horiz./ Profund. (m)	Indicadores de qualidade do solo ³					
			Dp	Ds	RP	CC	PMP	AD
PM	SS	Ap 0-0,15	2,80a	1,59a	2,45a	0,1534a	0,0839a	0,0695a
		AB 0,15-0,30	2,77a	1,74a	3,17a	0,1803ab	0,1001a	0,0802a
		BA 0,30-0,50	2,82a	1,72a	3,15a	0,1768ab	0,1171b	0,0597a
		Bw1 0,50-0,90	2,69a	1,70a	2,94a	0,2045b	0,1543b	0,0501a
	CS	Ap 0-0,15	2,78a	1,55a	2,37a	0,1619a	0,1012a	0,0607a
		AB 0,15-0,30	2,79a	1,69ab	3,42a	0,1579a	0,1093a	0,0481a
		BA 0,30-0,50	2,76a	1,75b	4,86a	0,1730ab	0,1197a	0,0533a
		Bw1 0,50-0,90	2,76a	1,70ab	3,14a	0,2059b	0,1384b	0,0675a
	PD	Ap 0-0,15	2,62a	1,56a	3,33a	0,1453a	0,0991a	0,0461a
		AB 0,15-0,30	2,78a	1,75ab	4,16a	0,1615ab	0,1220b	0,0395a
		BA 0,30-0,50	2,59a	1,79b	4,22a	0,1695ab	0,1359b	0,0336a
		Bw1 0,50-0,90	2,60a	1,73ab	2,15a	0,1950b	0,1706b	0,0242a
	CS	Ap 0-0,15	2,86a	1,58a	2,65a	0,1612a	0,1040a	0,0572a
		AB 0,15-0,30	2,72a	1,62ab	2,22a	0,1667a	0,1137a	0,0530a
		BA 0,30-0,50	2,67a	1,77b	3,41a	0,1711a	0,1371b	0,0340a
		Bw1 0,50-0,90	2,68a	1,76ab	2,98a	0,2063b	0,1761b	0,0301a

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³Dp (kg dm⁻³) = densidade das partículas do solo; Ds (kg dm⁻³) = densidade do solo; RP₁₀ (MPa) = resistência mecânica do solo à penetração para umidade retida no solo sob tensão de -10kPa; CC (m³ m⁻³) = capacidade de campo, isto é, água retida no solo sob tensão de -10 kPa; PMP (m³ m⁻³) = ponto de murcha permanente, isto é, água retida no solo sob tensão de -1500 kPa; AD (m³ m⁻³) = água disponível no solo. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Anexo 5. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso cultivado com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Horiz/ Prof. (m)	Indicadores de qualidade do solo				
			PTc	PTd	Pb	Ma	Mi
PM	SS	Ap 0-0,15	0,3895a	0,2946a	0,0949a	0,0535a	0,2411a
		AB 0,15-0,30	0,3599a	0,3018a	0,0580a	0,0527a	0,2491a
		BA 0,30-0,50	0,3612a	0,2983a	0,0628a	0,0317a	0,2666a
		Bw1 0,50-0,90	0,3017a	0,2721a	0,0295a	0,0248a	0,2473a
	CS	Ap 0-0,15	0,3998a	0,3314a	0,0683a	0,0669a	0,2645a
		AB 0,15-0,30	0,3763a	0,3141a	0,0622a	0,0650a	0,2490a
		BA 0,30-0,50	0,3475a	0,2918a	0,0556a	0,0373a	0,2544a
		Bw1 0,50-0,90	0,3868a	0,3228a	0,0640a	0,0600a	0,2627a
PD	SS	Ap 0-0,15	0,3627a	0,3217a	0,0409a	0,0680a	0,2537a
		AB 0,15-0,30	0,3387a	0,2687a	0,0700a	0,0297a	0,2389a
		BA 0,30-0,50	0,2952a	0,2715a	0,0237a	0,0303a	0,2412a
		Bw1 0,50-0,90	0,3849a	0,3237a	0,0612a	0,0682a	0,2554a
	CS	Ap 0-0,15	0,4311a	0,3314a	0,0997a	0,0925a	0,2388a
		AB 0,15-0,30	0,3588ab	0,2928ab	0,0660a	0,0621ab	0,2306a
		BA 0,30-0,50	0,3004b	0,2548b	0,0456a	0,0297b	0,2251a
		Bw1 0,50-0,90	0,3269b	0,2852ab	0,0417a	0,0274b	0,2578a

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³PTc (m³ m⁻³) = porosidade total calculada; PTd (m³ m⁻³) = porosidade total determinada; Pb (m³ m⁻³) = porosidade bloqueada; Ma (m³ m⁻³) = macroporosidade; Mi (m³ m⁻³) = microporosidade. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Anexo 6. Indicadores de qualidade do Latossolo Amarelo Distrocoeso, cultivado com limeira ‘Tahiti’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, submetida a dois sistemas de plantio e dois tratamentos de preparo do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Preparo do solo ²	Horiz./ Profund. (m)	Indicadores de qualidade do solo ³					
			Dp	Ds	RP	CC	PMP	AD
PM	SS	Ap 0-0,15	2,80a	1,71a	3,02a	0,1835a	0,0896a	0,0938a
		AB 0,15-0,30	2,77a	1,77a	3,14a	0,1845a	0,1020ab	0,0825ab
		BA 0,30-0,50	2,82a	1,80a	2,97a	0,1938a	0,1218b	0,0719ab
		Bw1 0,50-0,90	2,69a	1,87a	2,04a	0,2158a	0,1692c	0,0466b
	CS	Ap 0-0,15	2,78a	1,66a	2,96a	0,1884a	0,1088a	0,0796a
		AB 0,15-0,30	2,79a	1,73a	1,83a	0,1891a	0,1123a	0,0768a
		BA 0,30-0,50	2,76a	1,79a	1,20a	0,2239a	0,1225ab	0,1014a
		Bw1 0,50-0,90	2,76a	1,69a	1,66a	0,2064a	0,1377b	0,0686a
	PD	Ap 0-0,15	2,62a	1,67a	3,08ab	0,1749a	0,1061a	0,0687a
		AB 0,15-0,30	2,78a	1,83a	4,35a	0,1828a	0,1280ab	0,0548a
		BA 0,30-0,50	2,59a	1,83a	2,69ab	0,2019a	0,1392b	0,0627a
		Bw1 0,50-0,90	2,60a	1,60a	1,68b	0,2076a	0,1574b	0,0502a
	CS	Ap 0-0,15	2,86a	1,63a	1,34a	0,1626a	0,1067a	0,0559a
		AB 0,15-0,30	2,72a	1,74a	2,00ab	0,1631a	0,1221ab	0,0410a
		BA 0,30-0,50	2,67a	1,87ab	3,72b	0,1775a	0,1445b	0,0330a
		Bw1 0,50-0,90	2,68a	1,80a	3,29ab	0,2024a	0,1797c	0,0227a

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²SS = sem subsolagem; CS = com subsolagem; ³Dp (kg dm⁻³) = densidade das partículas do solo; Ds (kg dm⁻³) = densidade do solo; RP₁₀ (MPa) = resistência mecânica do solo à penetração para umidade retida no solo sob tensão de -10 kPa; CC (m³ m⁻³) = capacidade de campo, isto é, água retida no solo sob tensão de -10 kPa; PMP (m³ m⁻³) = ponto de murcha permanente, isto é, água retida no solo sob tensão de -1500 kPa; AD (m³ m⁻³) = água disponível no solo. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Anexo 7. Estudo comparativo da densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo)³ das cultivares laranja ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na linha de plantio (LP), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Profund. do solo (m)	Cultivar	Preparo do solo ³	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³				
				LP 30	LP 60	LP 120	LP 200	Total
PM	0-0,25	L. Pera	Sem sub	0,1424a	0,0827a	0,1144a	0,0883a	0,4279a
			Com sub	0,1623a	0,1100a	0,0855a	0,0951a	0,4530a
		T. Page	Sem sub	0,2903a	0,2300a	0,2002a	0,1556a	0,8763a
			Com sub	0,2201a	0,1679a	0,1222a	0,1407a	0,6511a
		L. Tahiti	Sem sub	0,1965a	0,2097a	0,0758a	0,2829a	0,7650a
			Com sub	0,3504a	0,3633a	0,3450a	0,2496a	1,3084a
	0,25-0,50	L. Pera	Sem sub	0,1003a	0,1197a	0,0340a	0,0113a	0,2654ab
			Com sub	0,0453a	0,0591a	0,0408a	0,0212a	0,1665ab
		T. Page	Sem sub	0,0602b	0,0798a	0,0748a	0,0418a	0,2568b
			Com sub	0,0793a	0,0764a	0,0741a	0,0330a	0,2630a
		L. Tahiti	Sem sub	0,0398a	0,0894a	0,0784a	0,0347a	0,2425a
			Com sub	0,1054a	0,1122a	0,0996b	0,0622a	0,3795b
	0,50-0,75	L. Pera	Sem sub	0,0691a	0,0697a	-0,000a	-0,000a	0,1389b
			Com sub	0,0536a	0,0279a	0,0234a	0,0152a	0,1203 b
		T. Page	Sem sub	0,0561b	0,0775a	0,0832a	0,0394a	0,2563b
			Com sub	0,0713a	0,0993a	0,0815a	0,0227a	0,2751a
		L. Tahiti	Sem sub	0,0408a	0,0770a	0,0434a	0,0545a	0,2159a
			Com sub	0,0483b	0,1129a	0,1329b	0,0563a	0,3504b
	0,75-1,00	L. Pera	Sem sub	0,1485a	0,2025a	0,0291a	0,0147a	0,3942a
			Com sub	0,0493a	0,0755a	0,0319a	0,0481a	0,2048ab
		T. Page	Sem sub	0,0372b	0,1076a	0,0684a	0,0411a	0,2544b
			Com sub	0,0799a	0,0923a	0,1165a	0,0624a	0,3513a
		L. Tahiti	Sem sub	0,0394a	0,0462a	0,0559a	0,0642a	0,2058a
			Com sub	0,0829b	0,1869a	0,0837b	0,0928a	0,4464b
PD	0-0,25	L. Pera	Sem sub	0,1556a	0,0933a	0,0671a	0,0765a	0,3928a
			Com sub	0,1887a	0,1863a	0,1368a	0,1187a	0,6306a
		T. Page	Sem sub	0,3399 ^a	0,2939a	0,2074a	0,1332a	0,9744a
			Com sub	0,3303a	0,2458a	0,1465a	0,2206a	0,9433a
		L. Tahiti	Sem sub	0,4154a	0,3686a	0,2904a	0,3134a	1,3880a
			Com sub	0,3774a	0,3613a	0,3919a	0,3138a	1,4446a
	0,25-0,50	L. Pera	Sem sub	0,0648a	0,0461	0,0901a	0,0207a	0,2220a
			Com sub	0,0966a	0,1035a	0,1099a	0,0768a	0,3869b
		T. Page	Sem sub	0,0900b	0,0962b	0,0920a	0,0511a	0,3296b
			Com sub	0,0827b	0,0783a	0,0459a	0,0692a	0,2763b
		L. Tahiti	Sem sub	0,0952b	0,1086a	0,1000a	0,0598a	0,3638b
			Com sub	0,1363a	0,1369a	0,0826b	0,0761a	0,4321b
	0,50-0,75	L. Pera	Sem sub	0,0632a	0,0630	0,1406a	0,0322a	0,2990a
			Com sub	0,0731a	0,1417a	0,0214a	0,0423a	0,2786b
		T. Page	Sem sub	0,0684b	0,1601a	0,1356a	0,0329a	0,3969b
			Com sub	0,1858a	0,0955a	0,0988a	0,0416b	0,4219ab
		L. Tahiti	Sem sub	0,0862b	0,0676b	0,1381a	0,0690a	0,3610b
			Com sub	0,0954b	0,0846b	0,0883b	0,0767a	0,3451b
	0,75-1,00	L. Pera	Sem sub	0,0746a	0,1201a	0,1233a	0,0342a	0,3524a
			Com sub	0,1452a	0,1416a	0,0431a	0,0456a	0,3757b
		T. Page	Sem sub	0,1004b	0,1211a	0,1528a	0,0116a	0,3861b
			Com sub	0,2092a	0,0925a	0,1197a	0,0896a	0,5111ab
		L. Tahiti	Sem sub	0,1135b	0,0722b	0,1801a	0,1329a	0,4988b
			Com sub	0,0841b	0,0803b	0,0896b	0,1049a	0,3590b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Sem sub = sem subsolagem; Com sub = com subsolagem; ³LP = linha de plantio; 30, 60, 120 e 200 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na linha de plantio. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Anexo 8. Estudo comparativo da densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo)³ das cultivares laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na entrelinha de plantio (ELP), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Profund. do solo (m)	Cultivar	Preparo do solo ³	Densidade de raízes (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³					Total
				ELP 30	ELP 60	ELP 120	ELP 200	ELP 300	
PM	0-0,25	L. Pera	Sem sub	0,1551a	0,1998a	0,1907a	0,1736a	0,1322a	0,8515a
			Com sub	0,2193a	0,2392a	0,1852a	0,2388a	0,0230a	0,9058a
		T. Page	Sem sub	0,2246a	0,2698a	0,1709a	0,1489a	0,0483a	0,8626a
			Com sub	0,1820a	0,2162a	0,1939a	0,1034a	0,0654a	0,7610a
		L. Tahiti	Sem sub	0,1317a	0,1438a	0,1164a	0,0940a	0,0531a	0,5393a
			Com sub	0,4905a	0,4076a	0,4281a	0,3226a	0,2737a	1,9227a
	0,25-0,50	L. Pera	Sem sub	0,0815a	0,0351a	0,1296a	0,1097a	0,0408a	0,3969ab
			Com sub	0,0642a	0,0442a	0,0438a	0,0607b	0,0000a	0,2131 b
		T. Page	Sem sub	0,0775a	0,0640b	0,0396a	0,0596a	0,0165a	0,2573b
			Com sub	0,0784a	0,0724a	0,0729a	0,0346a	0,0316a	0,2900ab
		L. Tahiti	Sem sub	0,0484a	0,0209a	0,0131a	0,0361a	0,0296a	0,1483a
			Com sub	0,1252b	0,0797b	0,0946b	0,0479b	0,0461b	0,3938b
	0,50-0,75	L. Pera	Sem sub	0,0666a	0,0454a	0,0290a	0,0240b	0,0304a	0,1955 b
			Com sub	0,1075a	0,0549a	0,0240a	0,0190b	0,0000a	0,2056 b
		T. Page	Sem sub	0,0258a	0,0330b	0,0421a	0,1064a	0,0000a	0,2074b
			Com sub	0,0610a	0,0429a	0,0098a	0,0223a	0,0000a	0,1361b
		L. Tahiti	Sem sub	0,0388a	0,0290a	0,0684a	0,0387a	0,0143a	0,1894a
			Com sub	0,0907b	0,0834b	0,0615b	0,0358b	0,0257b	0,2973b
	0,75-1,00	L. Pera	Sem sub	0,0405a	0,0496a	0,1481a	0,0903a	0,0151a	0,3438ab
			Com sub	0,1818a	0,2728a	0,1625a	0,0112b	-0,0000a	0,6284ab
		T. Page	Sem sub	0,0547a	0,0906a	0,0367a	0,0816a	0,0000a	0,2638b
			Com sub	0,0531a	0,0358a	0,0765a	0,0124a	0,0089a	0,1869a
		L. Tahiti	Sem sub	0,0264a	0,0535a	0,0744a	0,0261a	-0,000a	0,1806a
			Com sub	0,0585b	0,0626b	0,0489b	0,0691b	0,0819b	0,3212b
PD	0-0,25	L. Pera	Sem sub	0,2097a	0,3263a	0,2333a	0,0433a	0,0413a	0,8542a
			Com sub	0,2209a	0,2508a	0,1351a	0,1033a	0,1195a	0,8299a
		T. Page	Sem sub	0,3851a	0,2949a	0,2126a	0,2463a	0,1397a	1,2788a
			Com sub	0,3054a	0,2933a	0,2759a	0,1940a	0,1601a	1,2289a
		L. Tahiti	Sem sub	0,3986a	0,2774a	0,3304a	0,3092a	0,1320a	1,4478a
			Com sub	0,3722a	0,3953a	0,3849a	0,4063a	0,2600a	1,8189a
	0,25-0,50	L. Pera	Sem sub	0,0555a	0,1478a	0,0883a	0,0204a	0,0121a	0,3243a
			Com sub	0,0497b	0,0859a	0,1582a	0,0406a	0,0495a	0,3840a
		T. Page	Sem sub	0,0520b	0,0724b	0,1184a	0,0660a	0,0437a	0,3526b
			Com sub	0,0718b	0,1312a	0,0400b	0,0424a	0,0510b	0,3368b
		L. Tahiti	Sem sub	0,1057b	0,0577a	0,0978a	0,0859b	0,0400a	0,3873b
			Com sub	0,1462a	0,1138b	0,1142a	0,0811b	0,0944a	0,5499b
	0,50-0,75	L. Pera	Sem sub	0,0614a	0,0746a	0,1511a	0,0429a	0,0279a	0,3581a
			Com sub	0,0142b	0,0347a	0,0738a	0,0109a	0,1150a	0,2488a
		T. Page	Sem sub	0,0761b	0,1220a	0,1695a	0,0304b	0,0361a	0,4344b
			Com sub	0,1120a	0,0920b	0,0703b	0,0127a	0,0156b	0,3027b
		L. Tahiti	Sem sub	0,0892b	0,0924a	0,0847a	0,0739b	0,0582a	0,3987b
			Com sub	0,0967b	0,0747b	0,1287a	0,0491b	0,0756a	0,4250b
	0,75-1,00	L. Pera	Sem sub	0,2209a	0,2508a	0,1351a	0,1033a	0,1195a	0,8299a
			Com sub	0,0346b	0,0855a	0,1364a	0,0330a	0,1316a	0,4212a
		T. Page	Sem sub	0,0864b	0,0309b	0,0772a	0,0289b	0,0448a	0,2683b
			Com sub	0,1637a	0,1072a	0,0951a	0,0632a	0,0464b	0,4758b
		L. Tahiti	Sem sub	0,1113b	0,1097a	0,0710a	0,0532b	0,1047a	0,4502b
			Com sub	0,1072b	0,0764b	0,0497a	0,0871b	0,0986a	0,4192b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Sem sub = sem subsolagem; Com sub = com subsolagem; ³ELP = entrelinha de plantio; 30, 60, 120, 200 e 300 = distâncias, em cm, dos pontos de amostragem das raízes na engtrelinha de plantio. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

Anexo 9. Estudo comparativo da densidade de raízes (cm de raiz cm⁻³ de solo)³ das cultivares laranjeira ‘Pera’, tangelo ‘Page’ e limeira ‘Tahiti’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, na linha+entrelinha de plantio (LP+ELP), ao longo do perfil do solo. Fazenda Poço das Pedras, Município de Rio Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil.

Sistema de plantio ¹	Profundidade do solo (m)	Cultivar	Preparo do solo ²	Densidade de raízes (LP + ELP) (cm de raiz cm ⁻³ de solo) ³
PM	0-0,25	L. Pera	Sem sub	1,2794a
			Com sub	1,3588a
		T. Page	Sem sub	1,7389a
			Com sub	1,4121a
		L. Tahiti	Sem sub	1,3042a
			Com sub	3,2310a
	0,25-0,50	L. Pera	Sem sub	0,6623ab
			Com sub	0,3795b
		T. Page	Sem sub	0,5141b
			Com sub	0,5529ab
		L. Tahiti	Sem sub	0,3908b
			Com sub	0,7732a
PD	0,50-0,75	L. Pera	Sem sub	0,3344b
			Com sub	0,3259b
		T. Page	Sem sub	0,4636b
			Com sub	0,4111b
		L. Tahiti	Sem sub	0,4052b
			Com sub	0,6477a
	0,75-1,00	L. Pera	Sem sub	0,7380ab
			Com sub	0,8332ab
		T. Page	Sem sub	0,5181b
			Com sub	0,5382ab
		L. Tahiti	Sem sub	0,3863b
			Com sub	0,7675a
	0-0,25	L. Pera	Sem sub	1,2469a
			Com sub	1,4604a
		T. Page	Sem sub	2,2532a
			Com sub	2,1722a
		L. Tahiti	Sem sub	2,8358a
			Com sub	3,2634a
	0,25-0,50	L. Pera	Sem sub	0,5462a
			Com sub	0,7709ab
		T. Page	Sem sub	0,6821b
			Com sub	0,6130b
		L. Tahiti	Sem sub	0,7510b
			Com sub	0,9820b
	0,50-0,75	L. Pera	Sem sub	0,6571a
			Com sub	0,5274b
		T. Page	Sem sub	0,8312b
			Com sub	0,7246b
		L. Tahiti	Sem sub	0,7597b
			Com sub	0,7701b
	0,75-1,00	L. Pera	Sem sub	0,8262a
			Com sub	0,7969ab
		T. Page	Sem sub	0,6544b
			Com sub	0,9869b
		L. Tahiti	Sem sub	0,9490b
			Com sub	0,7781b

¹PM = plantio de mudas; PD = “plantio direto”; ²Sem sub = sem subsolagem; Com sub = com subsolagem; ³LP e ELP = linha e entrelinha de plantio, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra nas colunas, dentro de preparo do solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).



Contactos:

Universidade de Évora

Instituto de Investigação e Formação Avançada - IIFA

Palácio do Vimioso | Largo Marquês de Marialva, Apart. 94

7002-554 Évora | Portugal

Tel: (+351) 266 706 581